

Tekijä Sini Koskinen

Työn nimi Kiertotalouden toteutuminen suomalaisessa puurakentamisessa

Laitos Arkkitehtuurin laitos

Professuuri Puurakentaminen

Professuurikoodi Koodi

Työn valvoja Pekka Heikkinen

Työn ohjaaja(t) Matti Kuittinen, Marko Huttunen

Kuvaplaanssit (kpl) 0

Pienoismallit (kpl) 0

Vuosi 2018

Sivumäärä (selostus + liitteet) 82

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tässä diplomityössä tutkitaan kiertotalouden toteutumisesta suomalaisessa puurakentamisessa. Kiertotalous on talousmalli, jota noudattaen rakennusten toteutus, ylläpito, käyttö ja purku eivät aiheuta lainkaan jätettä. Aihe on todella ajankohtainen, koska nykyisellä läpivirtaustaloudsmallilla maapallolla kulutetaan huomattavasti enemmän neitseellisiä raaka-aineita, kuin uutta ehtii syntyä tilalle. Läpivirtaustalous käyttää resursseja tehottomasti eli hyödyntää valtavat määrät niin uusiutuvia kuin uusiutumattomia luonnonvaroja ja synnyttää näin ollen myös suuria määriä jätettä ja päästöjä. Suljetussa kierrossa materiaali saa useita elinkaaria, jolloin neitseellisten materiaalien käyttö vähenee ja materiaalin taloudellinen arvo kasvaa. Suljetussa kierrossa tuotteet eivät käyttöään päässä tai käytön muuten vähetessä, joudu enää kaatopaikalle vaan ne pyritään kierrättämään joko sellaisenaan tai osissa.

Työssä peilataan tämän päivän puurakentamista vahvasti perinnerakentamisen teemoihin, joissa kiertotalouden teemoja noudatettiin melko pitkälle, kylläkin enemmän olosuhteiden pakosta kuin itse kierrätysfilosofian vuoksi. Rakentamisessa kiertotalous tarkoittaa sitä että erilaiset rakenteet tulisi alun perinkin suunnitella pitkäikäisiksi, muunneltaviksi, helposti purettavaksi, sekä sellaisiksi että osat ovat helposti eroteltavissa ja uudelleenkäytettävissä. Lisäksi rakennusmateriaalien tuottaminen ei saisi aiheuttaa lainkaan jätettä, vaan jokaisen valmistus- ja rakentamisvaiheen tulisi jollain tavoin käyttää hyväkseen kaikki sivuvirroista tai rakennusjätteestä muodostuva ylijäämä.

Työn lähtökohtana on, että kiertotalouden toteutuminen on saavutettavissa oleva tavoite, ei pelkästään taloudellinen suunta tai teoria. Tarkoituksena on myös tutkia kiertotalouden haasteita materiaalin kiertokulun, lainsäädännön sekä asenteiden näkökulmasta. Työ on kirjallisuustutkimus, ja siinä painottuvat rakentaminen sekä puutuoteteollisuuden rooli puumateriaalien kierrättämisen mahdollistajana. Tässä työssäni keskityn pohtimaan kiertotalouden teemoja erityisesti puurakentamisen näkökulmasta. Puu on yksi harvoista uusiutuvista rakennusmateriaaleistamme, mutta edes puutuotteiden kierrätystä ei ole pohdittu loppuun saakka, vaan sivuvirrat ja jätteet joutuvat usein joko poltettaviksi tai kaatopaikalle.

Tutkimus on jaettu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa pyritään määrittelemään kiertotalousmallin termistö, sekä ajatusmaailma yleisellä tasolla. Toisessa osassa tutkimus pyrkii pureutumaan rakennuksen jokaiseen elinkaaren vaiheeseen erikseen sekä sitä kautta kuvaamaan millainen on ekologisesti kestävä sekä helposti kierrätettävä rakennus. Kolmannessa osassa puolestaan käsitellään kiertotalouden toteutumista suomalaisessa puurakentamisessa tulevaisuudessa. Osiossa käsitellään myös yhteiskunnan roolia vaikuttajana sekä raamien antajana rakennusteollisuudelle.

Avainsanat puurakentaminen, kiertotalous, kestävä rakentaminen

Tekijä Sini Koskinen

Työn nimi Implementing the circular economy concept in Finnish wood construction

Laitos Department of Architecture

Professuuri Wood architecture

Professuurikoodi A-112

Työn valvoja Pekka Heikkinen

Työn ohjaaja(t) Matti Kuittinen, Marko Huttunen

Kuvaplaussit (kpl) 0

Pienoismallit (kpl) 0

Vuosi 2018 **Sivumäärä (selostus + liitteet)** 82

Kieli Suomi

Tiivistelmä

This thesis explores the implementation of the building life cycle concept in Finnish wood construction. The building life cycle is an economic model, in which the construction, operation, use and demolition of a building are seen as a circular model and do not produce waste. This concept is especially current, as today's directional models use more virgin resources than are naturally replaced. Therefore the use of resources is inefficient and consumes huge amounts of renewable as well as non-renewable natural materials, and consequently creates large amounts of waste and emissions. In contrast, the circular economy method allows for a reuse of materials many times over, effectively reducing the need for virgin resources and increasing their value. In this circular model materials don't end up as waste at the end of their lifespan, or in case of decreasing use, instead they are recycled as such or in parts.

Traditional wood construction incorporated elements of recycling and reuse to a relatively high degree, although this was generally fueled by need rather than an adherence to life cycle philosophy. This thesis will therefore aim to link contemporary wood construction to its vernacular counterpart. A circular economy model in construction assumes that building elements are initially designed to be long-lasting, can be transformed and disassembled and are easy to separate and recycle. Additionally, building materials themselves should be equally waste-free, meaning that every step of the production and assembly needs to draw on secondary cycles or waste from previous building's left-overs.

The premise of this paper is that the building life cycle is not merely an economic model or theory, but achievable in practice. The aim is to explore the challenges of a circular economy model in regard to material cycle, current building regulations and public opinion. The focus of the paper, which is based on literary research, lies on the key role which construction and wood products manufacturing play in the recycling of wood and wood-based materials. In my thesis I look at building life cycle from the point of wood construction. Wood is one of few renewable building materials. Unfortunately, the recycling of wood products has not received enough attention and secondary flows and so-called waste often end up being burned or deposited in landfill.

The paper is structured in three parts. The first part aims to define a clear terminology for the discussion of the life cycle method, as well as outline its general concept. The second part focuses on each of the different phases of a building's life cycle and describes what an ecologically sustainable and easily recyclable building is. In the third part the discussion moves on to the practical application of the life cycle method in the Finnish wood construction of the future. The last part incorporates the role of society in influencing and restricting the building industry.

Avainsanat wood construction, circular economy, sustainable construction

Kiertotalouden toteutuminen suomalaisessa puurakentamisessa

**Sini Koskinen
Aalto Yliopisto
Arkkitehtuurinlaitos
Taiteiden ja suunnittelun
korkeakoulu**





KIERTOTALOUDEN TOTEUTUMINEN SUOMALAISESSA PUURAKENTAMISESSA

**Sini Koskinen
AALTO-YLIOPISTO
TAITEIDEN JA SUUNNITTELUN KORKEAKOULU
ARKKITEHTUURIN LAITOS
2018**

Tekijä: Koskinen Sini
Diplomityön nimi: Kiertotalouden toteutuminen suomalaisessa puurakentamisessa
Päiväys: 17.04.2018
Laitos: Arkkitehtuurin laitos
Professuuri ja -koodi: Puurakentaminen, A-112
Työn valvoja: professori Heikkinen Pekka
Työn ohjaajat: arkkitehti Matti Kuittinen, arkkitehti Marko Huttunen
Sivumäärä: 82
Kieli: Suomi
Avainsanat: puurakentaminen, kiertotalous, kestävä rakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tässä diplomityössä tutkitaan kiertotalouden toteutumisesta suomalaisessa puurakentamisessa. Kiertotalous on talousmalli, jota noudattaen rakennusten toteutus, ylläpito, käyttö ja purku eivät aiheuta lainkaan jätettä. Aihe on todella ajankohtainen, koska nykyisellä läpivirtaustalousmallilla maapallolla kulutetaan huomattavasti enemmän neitseellisiä raaka-aineita, kuin uutta ehtii syntyä tilalle. Läpivirtaustalous käyttää resursseja tehottomasti eli hyödyntää valtavat määrät niin uusiutuvia kuin uusiutumattomia luonnonvaroja ja synnyttää näin ollen myös suuria määriä jätettä ja päästöjä. Suljetussa kierrossa materiaali saa useita elinkaaria, jolloin neitseellisten materiaalien käyttö vähenee ja materiaalin taloudellinen arvo kasvaa. Suljetussa kierrossa tuotteet eivät käyttöään päässä tai käytön muuten vähetessä, joudu enää kaatopaikalle vaan ne pyritään kierrättämään joko sellaisenaan tai osissa.

Työssä peilataan tämän päivän puurakentamista vahvasti perinrerakentamisen teemoihin, joissa kiertotalouden teemoja noudatettiin melko pitkälle, kylläkin enemmän olosuhteiden pakosta kuin itse kierrätysfilosofian vuoksi. Rakentamisessa kiertotalous tarkoittaa sitä että erilaiset rakenteet tulisi alun perinkin suunnitella pitkäikäisiksi, muunneltaviksi, helposti purettavaksi, sekä sellaisiksi että osat ovat helposti eroteltavissa ja uudelleenkäytettävissä. Lisäksi rakennusmateriaalien tuottaminen ei saisi aiheuttaa lainkaan jätettä, vaan jokaisen valmistus-

ja rakentamisvaiheen tulisi jollain tavoin käyttää hyväkseen kaikki sivuvirroista tai rakennusjätteestä muodostuva ylijäämä.

Työn lähtökohtana on, että kiertotalouden toteutuminen on saavutettavissa oleva tavoite, ei pelkästään taloudellinen suunta tai teoria. Tarkoituksena on myös tutkia kiertotalouden haasteita materiaalin kiertokulun, lainsäädännön sekä asenteiden näkökulmasta. Työ on kirjallisuustutkimus, ja siinä painottuvat rakentaminen sekä puutuoteteollisuuden rooli puumateriaalien kierrättämisen mahdollistajana. Tässä työssäni keskityn pohtimaan kiertotalouden teemoja erityisesti puurakentamisen näkökulmasta. Puu on yksi harvoista uusiutuvista rakennusmateriaaleistamme, mutta edes puutuotteiden kierrätystä ei ole pohdittu loppuun saakka, vaan sivuvirrat ja jätteet joutuvat usein joko poltettaviksi tai kaatopaikalle.

Tutkimus on jaettu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa pyritään määrittelemään kiertotalousmallin termistö, sekä ajatusmaailma yleisellä tasolla. Toisessa osassa tutkimus pyrkii pureutumaan rakennuksen jokaiseen elinkaaren vaiheeseen erikseen sekä sitä kautta kuvaamaan millainen on ekologisesti kestävä sekä helposti kierrätettävä rakennus. Kolmannessa osassa puolestaan käsitellään kiertotalouden toteutumista suomalaisessa puurakentamisessa tulevaisuudessa. Osi-ossa käsitellään myös yhteiskunnan roolia vaikuttajana sekä raamien antajana rakennusteollisuudelle.

Author: Koskinen Sini

Title of thesis: Implementing the circular economy concept in Finnish wood construction

Date: 17.04.2018

Department: Department of Architecture

Professorship and code: Wood architecture, A-112

Thesis supervisor: professor Heikkinen Pekka

Thesis advisors: architect Matti Kuittinen, architect Marko Huttunen

Number of pages: 82

Language: Finnish

Keywords: wood construction, circular economy, sustainable construction

ABSTRACT

This thesis explores the implementation of the building life cycle concept in Finnish wood construction. The building life cycle is an economic model, in which the construction, operation, use and demolition of a building are seen as a circular model and do not produce waste. This concept is especially current, as today's directional models use more virgin resources than are naturally replaced. Therefore the use of resources is inefficient and consumes huge amounts of renewable as well as non-renewable natural materials, and consequently creates large amounts of waste and emissions. In contrast, the circular economy method allows for a reuse of materials many times over, effectively reducing the need for virgin resources and increasing their value. In this circular model materials don't end up as waste at the end of their lifespan, or in case of decreasing use, instead they are recycled as such or in parts.

Traditional wood construction incorporated elements of recycling and reuse to a relatively high degree, although this was generally fueled by need rather than an adherence to life cycle philosophy. This thesis will therefore aim to link contemporary wood construction to its vernacular counterpart. A circular economy model in construction assumes that building elements are initially designed to be long-lasting, can be transformed and disassembled and are easy to separate and recycle. Additionally, building materials themselves should be equally

waste-free, meaning that every step of the production and assembly needs to draw on secondary cycles or waste from previous building's left-overs.

The premise of this paper is that the building life cycle is not merely an economic model or theory, but achievable in practice. The aim is to explore the challenges of a circular economy model in regard to material cycle, current building regulations and public opinion. The focus of the paper, which is based on literary research, lies on the key role which construction and wood products manufacturing play in the recycling of wood and wood-based materials. In my thesis I look at building life cycle from the point of wood construction. Wood is one of few renewable building materials. Unfortunately, the recycling of wood products has not received enough attention and secondary flows and so-called waste often end up being burned or deposited in landfill.

The paper is structured in three parts. The first part aims to define a clear terminology for the discussion of the life cycle method, as well as outline its general concept. The second part focuses on each of the different phases of a building's life cycle and describes what an ecologically sustainable and easily recyclable building is. In the third part the discussion moves on to the practical application of the life cycle method in the Finnish wood construction of the future. The last part incorporates the role of society in influencing and restricting the building industry.



Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	5
ABSTRACT	7
1. JOHDANTO	11
2. TUTKIMUSASETELMA	14
2.1 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen rajaus	14
3. KÄSITTEISTÖÄ	16
4. KIERTOTALOUDEN KÄSITE JA NYKYRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	18
4.1 Kiertotalouden periaatteita rakennusteollisuudessa	24
3. KIERTOTALOUDEN TOTEUTUMINEN PUURAKENTAMISESSA	26
3.1 Rakennuksen elinkaari rakentamisen elinkaariarvioinnissa	26
3.2 Rakennusosien ympäristövaikutukset	28
3.3 Rakennuksen elinkaaren osa-alueet kiertotalouden näkökulmasta	29
3.3.1 Ympäristöystävällisen rakentamisen periaatteita	30
3.3.2 Tarveselvitys	32
3.3.3 Hankesuunnittelu	33
3.3.4 Rakennussuunnittelu	36
<i>Terijoen huvilat</i>	37
3.3.5 Materiaalihankinta	38
<i>Varpulan kartano</i>	46
3.3.6 Materiaalin kuljetukset rakennuspaikalle	47
3.3.7 Rakentamisvaihe	48
3.3.8 Käyttö ja ylläpito	56
<i>Kittelän talon elinkaaren eri vaiheet kuvina</i>	57
3.3.9 Korjaaminen	58
<i>Puutalon siirtäminen</i>	61
3.3.10 Uuskäyttö ja ylläpito	62
<i>Vanhankylän kartano</i>	64
3.3.11 Purkaminen	65
3.3.12 Loppusijoitus	66
4. KIERTOTALOUDEN TOTEUTUMINEN TULEVAISUUDESSA	68
4.1.1 Yhteiskunnan ja päättäjien vastuu kiertotalouden toteutumisen edistämisessä	72
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	74
6. LÄHDEVIITTEET	80



Kuva: Poutvaara Matti, Museoviraston arkisto

1. JOHDANTO

Maapallolla kulutetaan tällä hetkellä valtavia määriä uusiutumattomia luonnonvaroja tuhoisin seurauksin. Väestönkasvu ja kasvava kulutus ovat johtaneet globaaliin kestävyyskriisiin, jonka keskeisiä osia ovat luonnonvarojen hupeneminen ja ilmastonmuutos. Puhuttaessa ympäristöystävällisestä rakentamisesta sekä ilmastonmuutoksen hidastamisesta, on puulla hyvät lähtökohdat verrattuna moniin uusiutumattomiin luonnonvaroihin. Puun käyttö rakentamisessa lisää tuotteisiin sitoutuneen hiilen määrää sekä vähentää tuotteiden valmistuksen energian kulutusta.¹ Käytettäessä puuta korvaamaan uusiutumattomia luonnonvaroja vähenee uusiutumattomien luonnonvarojen ja fossiilisten polttoaineiden käyttö myös substitutiivoikutuksen kautta² jolloin, toisen hyödykkeen kulutuksen vähentyminen korvautuu toisen hyödykkeen kulutuksen lisäyksellä. Edellyttäen, että puurakenteiden tuotantoketjussa ei käytetä merkittävästi fossiilisia polttoaineita eli puuta ei esimerkiksi kuivata tai tuotantolaitosta ei lämmitetä näillä polttoaineilla.

1 Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda 2015
2 ibid.

Nykyistä taloudellista järjestelmää on nimitetty kuvaavasti "läpivirtaustaloudeksi". Läpivirtaustalous käyttää resursseja tehottomasti eli hyödyntää valtavat määrät luonnonvaroja ja synnyttää myös suuria määriä jätettä ja päästöjä. Yksi keino vastata tähänkin ongelmaan on kiertotalouden tehostaminen. Kiertotaloudessa materiaalit eivät päädy jätteiksi ja sivuvirroiksi, vaan ne kiertävät eri toimitusketjuissa ja parhaimmillaan myös eri toimitusketjujen välillä - usein myös muotoaan muuttaen. Kiertotaloudessa hylätyt tavarat ja materiaalit eli jätteet palautetaan käytön jälkeen takaisin kiertoon ja niille annetaan uusi elämä esimerkiksi teknologisten innovaatioiden avulla.³

Tässä työssäni keskityn pohtimaan kiertotalouden teemoja erityisesti puurakentamisen näkökulmasta. "Puu on yksi harvoista uusiutuvista rakennusmateriaaleista, mutta useinkaan edes puutuotteiden kierrätystä ei ole pohdittu loppuun saakka."⁴ Tuntuu välillä että nykyään tuudittaudutaan siihen, että puusta rakentaminen on ikään

3 Ayres & Simonis 1994
4 Mikkola, 2017

kuin synonyymi ekologisuudelle tai kestäville rakentamiselle. Näinhän asia ei todellakaan ole. Myös puusta voi rakentaa kestävämmällä tavalla. Esimerkiksi jos puita kaadettaessa ei pohdita lainkaan kestävä metsänhoitoa, jos puun työstöön ja kuivamiseen käytetään valtavat määrät energiaa ja elinkaarensa lopussa tuotteet päätyvät kaatopaikalle, eikä tällöin ekologisuudesta tai kestävästä kehityksestä ole tietoaakaan. Tilannetta hieman parantaa jos rakennuksen elinkaari on ollut pitkä, jolloin energiahukka jakautuu pitkälle ajalle ja täten suhteessa käyttöikänsä pienenee.

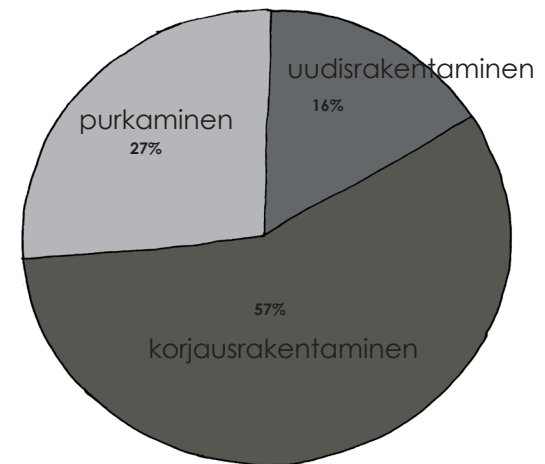
Perinnerakentamisesta on jäänyt jäljelle vain ne kaikkein parhaat yksilöt ja nekin melko sattumanvaraisesti. Vaikuttaa siltä että tuolloin arvossaan oli helposti ylläpidettävät sekä helposti huollettavat rakennus tai ainakin nykyään tulkitsemme niin. Mutta meidän aikaamme säilyneet rakennukset ovat säilyttäneet hyvät ominaisuutensa vaihtelevissa olosuhteissa ja ihmisukupolvesta toiseen, joten jotain niiden suhteen on tehty oikein. Tästä meidän tulisi ammentaa tietoa ja tämän pitäisi olla meidänkin tavoit-

teemme kertakäyttörakentamisen sijaan. Suomesta löytyy edelleen lukuisia rakennuksia jotka ovat kestäneet satoja vuosia, jotka edelleen palvelevat käyttäjiään, hengittävät, ja joissa ihmiset edelleen voivat hyvin.

Perinteisen rakentamisen periaatteet ovat esimerkillisiä kestävä kehityksen näkökannalta. Perinteisessä rakentamistavassa kiertotalouden periaatteet toteutuivat, vaikkei kierrätyksestä tai kiertotalouden termistä ollut tuolloin vielä tietoaakaan. Rakentamiseen käytettiin paikallisia raaka-aineita, rakennusosien valmistukseen ja niiden kuljetukseen metsästä rakennuspaikalle ei käytetty lainkaan uusiutumatonta energiaa, vaan pelkästään uusiutuvaa energiaa, käytännössä pelkkää lihasvoimaa. Näin päästiin pitkäikäiseen, muunneltavaan rakentamistapaan, jossa materiaalit lopulta palasivat luontoon tai hyötykäyttöön. Niukat, huolella valitut materiaalit ja yksinkertainen rakenne tekivät rakentamisesta kansantajuisesti ymmärrettävää ja helppohoitoista. Rakentamisen perinne siirtyi ”isältä pojalle” tavalla ja siten periaatteet ovat jalostuneet kuhunkin pienilmastoon ja ympäristöön

parhaiten sopiviksi. Pitkään jatkuneen perinteen myötä opittiin tuntemaan materiaalin ominaisuudet, vahvuudet ja heikkoudet, ja siten opittiin käyttämään puuta optimaalisella tavalla.

Ennen ei kuitenkaan rakennettu paremmin sitä ei työni yritäkään väittää, mutta tuolloin ei ehkä ollut kyse huonoista rakennusmateriaaleista tai kestäättömistä rakenteista vaan ehkä enemmänkin huonosta ja huolimattomasta rakentamisesta. On siis korostettava sitä, että perinteiset, luonnonmukaiset materiaalit oikein työstettyinä sekä oikein huollettuina ovat osoittaneet elinvoimansa. Edelleen pystyssä seisovat rakennukset ovat vahva esimerkki siitä millaiseen toimintavarmuuteen perinteisillä rakentamismetodeilla voidaan päästä. Tästä vanhimmasta rakennuskannasta meidän tulisi ammentaa tietoa myös tulevaisuutta varten. Tästä syystä voi miettiä pitäisikö tulevaisuuden rakennuskannan olla luonnonmukaisia ja uusiutuvia materiaalivirtoja hyödyntävää, määräämättömästi ylläpidettävää, muunneltavaa tai helposti siirrettävää sekä teknisesti yksinkertaista toteuttaa ja huoltaa.



Jätteiden jakautuminen rakennuksen elinkaaren eri vaiheisiin. Korjausrakentamisessa syntyy kaksi kertaa enemmän jätettä kuin toiseksi eniten jätettä tuottavassa vaiheessa eli purkamisessa. Uudisrakentamisessa jätettä syntyy suhteessa vähiten.

Tilastokeskus, 2011

Jäte ja jätteen käsittely ovat rakennusalalla edelleen yksi suurimmista kysymysmerkeistä. Suuri osa päivittäin muodostuvasta kaatopaikkajätteestä on peräisin rakentamisesta sekä purkamisesta. Jätteen määrää voidaan vähentää tehostamalla rakennustyömaan hoitoa, suuremmalla kierrätysmateriaalien käytöllä, sekä vanhojen rakennusten säilyttämisellä ja uudelleenkäytöllä. Puun parhaita puolia ovat sen joustavuus sekä helppo työstettävyys ja juuri siksi se mielestäni sopiikin materiaalina hyvin kiertotalouden esikuvaksi sekä edelläkävijäksi viitoittamaan tietä vaikeammin kierrätettäville materiaaleille.

Kuten Lars Mattila diplomityössään Tulevaisuuden kerrostalo (2014) mielestäni hienosti asian tiivistää: ”1960–2010-lukujen elinkaariajattelua ja kertakäyttörakentamista on mahdotonta enää perustella. Ylläpidettävyys nousee kriteereistä tärkeimmäksi. Tulevaisuuden rakennuskannan tulee jakaa arvot kaikkein vanhimman, elinkaariajattelua edeltäneen rakennuskannan kanssa. Sen tulee olla teknisesti yksinkertaista, määräämättömästi ylläpidettävää sekä luon-

nonmukaisia ja loppumattoman runsaita materiaalivirtoja hyödyntävää. Vanhin rakennuskanta on elävänä osoituksena noiden arvojen toimintavarmuudesta. Jos jatkamme rakentamista puuttumatta rakentamisen ja rakennustuotteiden liian lyhyisiin elinkaariin, tulevaisuutemme on käytönaikaisista energiansäästöistä huolimatta kestävämmällä pohjalla. Tulevaisuuden rakentamisessa olisikin katsottava välittömien vaikutusten lisäksi pitempiäaikaisia ja laajempia asiayhteyksiä.”⁵

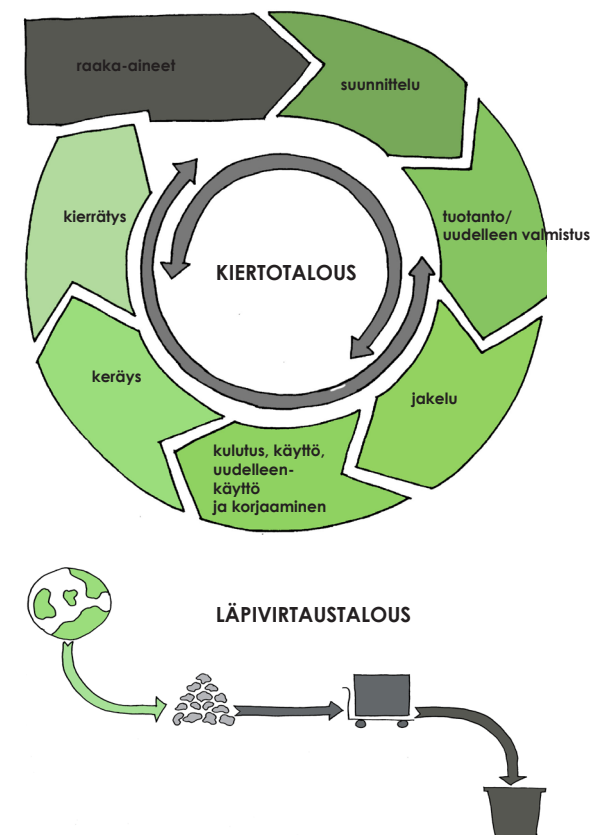
Kestävyysskriisin torjumiseen on ryhdyttävä pikaisesti, sillä kriisin syventyessä katoaa pohja kaikelta muulta – taloudelta, hyvinvoinnilta ja jopa turvallisuudelta.⁶

5 Mattila 2014
6 Pantsar-Kallio 2014

Oik. yllä: kiertotalouden periaatteet

Oik. alla: Kuvaus nykyisestä talousmallistamme, eli läpivirtaustaloudesta, jossa hyödyke käytön jälkeen siirtyy suoraan loppusijoitukseen

VTT_kiertotalouden keinovalikoima käyttöön-raportti



2. TUTKIMUSASETELMA

2.1 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen raja- aus

Tässä työssä tarkastellaan suomalaista puu-
rakentamista kiertotalouden toteutumisen
viitekehityksessä. Tämän hetkistä kiertotalou-
den toteutumista peilataan perinnerakenta-
miseen, jossa kiertotalouden periaatteet to-
teutuivat usein kuin melkein kuin itsestään.
Tavoitteena on tutkia millainen on ekologi-
sesti kestävä rakennus kiertotalouden näkö-
kulmasta eli toisin sanoen millainen on puu-
rakennus, jonka toteutus, ylläpito ja käyttö
eivät aiheuta lainkaan jätettä.

Tavoitteena on myös lisätä ekologi-
sesti kestäväan rakentamiseen liittyvää tie-
toutta kiertotalouden teemojen kautta, sekä
ottaa kantaa nykypäivän puurakentamiseen
ja siihen, miten sitä tulisi kehittää kestävämpään
suuntaan, punniten eri tapojen tavoitteita ja
vaikuttavuutta.

Työ pyrkii selvittämään vaatimukset
luonnon toiminnan jatkuvuudelle kestäväan
metsänhoidon kautta, sekä kuvaamaan koko
puurakennuksen elinkaaren aina metsästä
loppusijoitukseen asti, tavalla joka perustuu
kiertotalouden periaatteiden täyttymiseen.
Työssä tarkastellaan puurakentamista mate-
riaalien kiertokulun osana sekä kestäväan ra-

kennussuunnittelun piiriin kuuluvina suun-
nitteluratkaisuina.

Tutkimusmenetelminä on kirjallisuus
tutkimuksen ohella käytetty haastatteluja
sekä lisäksi on tehty sähköinen kyselytutki-
mus puuteollisuuden eri osapuolille

Tutkimus rajataan käsittelemään pel-
kästään puurakentamiseen liittyviä osa-alu-
eita rakentamisessa. Saadaksemme aikaan
täysin kestäväan kehitystä mukailevan raken-
nuksen sekä päästäksemme hiilijalanjäljessä
mahdollisimman matalalle tasolle, tulisi ra-
kennuksen suunnittelussa ottaa huomioon
myös muut rakentamisen osa-alueet, mm.
lämmitysmuodot, ilmanvaihto jne. Kyseisiä
aiheita sivutaan tutkimuksessa tarkemman
yleiskuvan saamiseksi, mutta niihin ei pa-
neuduta syvällisesti.

Kyselytutkimus kiertotalouden toteutumi- sesta suomalaisessa puuteollisuudessa.

Kyselytutkimus lähetettiin sähköisessä
muodossa 108 toimijalle noin 60:ssä eri puu-
teollisuuden yrityksessä.


Yritykset pyrittiin valitsemaan mahdollisim-
man monipuolisesti puuteollisuuden eri
osa-alueilta. Kysely lähetettiin joko yrityk-
sen omistajalle, toimitusjohtajalle tai tuotan-
tojohtajalle tai useammalle heistä, riippuen
yrityksen organisaatiosta.

Kyselyyn vastasi 25 toimijaa.

Vastanneista:

40% (10 kpl) toimii sahalla,
32% (8 kpl) hirsitalotehtaalla,
20% (5 kpl) talotehtaalla ja
8% (2 kpl) elementtitehtaalla.

Kysymysten vastauksia analysoidaan teks-
tin joukossa, vihreällä värikenttätaustalla,
aina kysymyksen aihepiiriä käsittelevän ot-
sikon alla.



**"Kiertotalous on talousmalli, jossa
tuotteiden, materiaalien ja resurssien arvo säilyy taloudessa
mahdollisimman pitkään
ja jossa jätteen syntyminen minimoidaan"**

3. KÄSITTEISTÖÄ

Ainevarastot

ovat uusiutumattomia aineita, ehtyviä resursseja kuten metallit ja hiili, joiden käyttö vähentää hyödyntämismahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Ainevarannot

ovat uusiutuvia aineita, jaksottaisia resursseja kuten puu ja kasvit, joiden liiallinen käyttö vähentää hyödyntämismahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Cleantech

Cleantech eli ”puhdas teknologia” tarkoittaa tuotteita, palveluita, prosesseja ja teknologioita, jotka ehkäisevät tai vähentävät liiketoiminnan negatiivisia ympäristövaikutuksia. Esimerkkejä tästä ovat energiatehokkuuden parantaminen, kierrätys, informaatioteknologia ja kestävä kehitys tukevat ratkaisut.

Digitalisaatio

Digitalisaatiolla tarkoitetaan verkkoon kytkettyjen älykkäiden tuotteiden ja palvelujen kokonaisuutta, joka koskee kuluttajia, yrityksiä ja yhteiskuntaa. Teollinen internet on erityisesti yritysten näkökulma digitalisaatioon.

Ekologinen tehokkuus, ekotehokkuus

Rakentamisessa käsitteellä viitataan usein rakennuksen energian käytön tehokkuuteen tai tuotteen tai laitteen valmistamisen ja käytön aikaiseen energian kulutukseen. Laajempaan tarkasteluun voidaan liittää myös tuotteen päästöt. Ekotehokkuuteen pyritään yrittämään yleensä vähentää materiaalin ja myrkyllisten aineiden määrää sekä energian kulutusta. Tuotteen kestävyyttä, käyttöikää ja kierrätettävyyttä pyritään myös parantamaan. Tilasuunnittelussa tilojen käytön, toimivuuden ja laajuuden optimoinnilla voidaan lisätä ekotehokkuutta.

Ekologisesti kestävä rakennus

on rakennus, jonka toteutus, ylläpito, käyttö ja purku ei aiheuta lainkaan haitallisia ympäristövaikutuksia.

Ekologisen kestävyuden vaatimukset

ovat välttämätöntä kehitystä, jonka myötä ekologinen kestävyys on saavutettavissa. Vaatimukset vastaavat The Natural Step-järjestön strategisen kestävä kehityksen viitekehyksen periaatteita (The Four System Conditions required for sustainability) (Robèrt 2002, s. 246).

Energiavirtaukset

Energiavirtaukset ovat aurinko-, tuuli- ja veden virtausenergiaa. Ne ovat ehtymättömiä resursseja, joiden käyttö ei vähennä hyödyntämismahdollisuuksia tulevaisuudessa. Ainevarastot, ainevarannot ja energiovirtaukset (*arkkitehti Hans Grönlund, Bokaldersin & Blockin 2009, s. 18 mukaan*).

Hiilijalanjälki

Tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaiset kasvihuonepäästöt. Hiilijalanjäljen laskennassa voidaan huomioida joko kaikki kasvihuonepäästöt tai vain hiilidioksidipäästöt. Kaikki kasvihuonepäästöt voidaan myös muuntaa hiilidioksidipäästöiksi vertailun helpottamiseksi. Hiilijalanjälki ei kuitenkaan kerro esimerkiksi tuotteen myrkyllisyydestä eikä se välttämättä ota suoraan huomioon tuotteen käyttöikää.

Ihmisen elinkaari

Henkilön kaikki elämänvaiheet käsittävä ajanjakso. Elinkaariasumisessa ja sen suunnittelussa asukkaan eri elämänvaiheiden erilaiset toiminnalliset tarpeet pyritään ottamaan huomioon mahdollisimman hyvin.

Kestävä kehitys

Laaja-alainen yhteiskunnallinen käsite, jolla viitataan yleensä tulevien sukupolvien elämisen laadun ja ympäristön tilan parantamiseen liittyvään toimintaan ja kehitykseen. Käsitteen yleisluonteisuuden vuoksi varsin monentyyppiset tavoitteet voidaan katsoa kestävän kehityksen mukaisiksi.

Klusteri

Toiminnallisten kohteiden, esimerkiksi eri teollisen alojen muodostaman klusterin osien ajatellaan useimmiten jollain tavalla hyötyvän keskinäisestä yhteydestään toisiinsa ja klusteriin kokonaisuutena.

Rakennuksen elinkaari

Ajanjakso rakennuksen rakentamisvaiheesta purkamiseen. Laajat käytönaikaiset muutokset voivat olla purkuun verrattavia toimenpiteitä joidenkin rakennusosakokonaisuuksien kuten julkisivujen osalta.

Rakennuksen elinkaaritarkastelussa muutama vuosikymmen on lyhyt ajanjakso. Ekotehokkaan rakennuksen käyttöiäksi tulisi voida laskea jopa vuosisata tai kaksi. Rakennuksen tai rakennusosien lyhyt käyttöikä voi olla perusteltua, jos purkujätteen kierrätys on järjestetty tavanomaisia käytäntöjä selvästi tehokkaammin. Rakennusosien uusimisen perusteena voi olla myös käytönaikaisen energiankulutuksen vähentäminen, mutta tällöin tulee arvioida tapauskohtaisesti, mikä on käytön ja valmistuksen aikaisen energiankulutuksen suhde.

Sivuvirrat

Sivuvirrat on jotenkin tuotteen valmistuksesta syntyvä jäte, eli materiaalin osa, jota ei kyseisessä tuotantovaiheessa tarvita, esimerkiksi hirsitehtaalla puun kaarna tai oksat.

Teollinen internet

Teollinen internet yhdistää älykkäät koneet, laitteet ja niitä käyttävät ihmiset, jolloin päätök-

sentekoa voidaan parantaa edistyneen tiedon analysoinnin kautta ja tuottaen mukautuvaa liiketoimintaa. Teollinen internet tarkoittaa sulautettujen ja älykkäiden laitteiden ja järjestelmien, saatavan tiedon analytiikan sekä työn tehokasta yhdistämistä liiketoiminnassa. Se mahdollistaa täysin uudenlaisia liiketoimintamalleja ja kilpailukykyisiä palveluja asiakastarpeisiin.

Tuotteen elinkaari

Erityisesti tuotteen ympäristövaikutusten arvioinnissa käytettävä käsite, jolla tarkastellaan tuotteen valmistuksen, käytön ja kierrättämisen aikaisia päästöjä ja energian kulutusta. Tavallisesti tuotteen elinkaaren lasketaan kuuluvaksi myös raaka-aineiden hankkiminen ja tuotteen loppuvaiheeseen kuuluva jätteiden hävitys.

Elinkaarivertailua vaikeuttavat eri päästöjen erityyppiset vaikutukset ympäristöön. Vertailu voidaanakin tehdä esimerkiksi hiilijalanjäljen tai tuotteen ympäristölle haitallisten ainesosien perusteella. Rakentamisessa haasteellisuutta lisää erilaisten rakennustuotteiden ja materiaalien suuri määrä.

Puutuoteteollisuus

Puutuoteteollisuus (muissa teoksissa käytetään myös termiä puutuotetoimiala) on puun mekaanisen jalostuksen ympärille keskittynyt kokonaisuus. Siihen kuuluu hyvin monenlaista liiketoimintaa. Sitä ovat esimerkiksi saha- ja levyteollisuus, puusepän- ja rakennuspuusepänteollisuus sekä talo- ja huonekaluteollisuus, koneiden ja laitteiden valmistus, kemianteollisuus sekä metsätalouden osaaminen ja liiketoiminta. Puutuotetoimiala liittyy kiinteästi moniin muihin puuta käyttäviin aloihin, kuten energiasektoriin, kuljetusväline-sektoriin, rakennus- ja kiinteistöalalle sekä sisustusalaan.

4. KIERTOTALOUDEN KÄSITE JA NYKYRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Teollistuneiden maiden nykyiselle tuotantorakenteelle on tyypillistä materiaalien ja energian läpivirtaus, luonnosta talouden kautta takaisin luontoon. Luonnon kyky muuttaa jätteet ja päästöt takaisin ihmisen kannalta käyttökelpoiseen muotoon on kuitenkin rajallinen ja vaatii usein pitkiä ajanjaksoja. Talouden ja tuotannon yhä kasvaessa joudutaan siis tilanteeseen, jossa luonnonjärjestelmät eivät enää kykene puhdistamaan talouden aikaansaamia sivutuotteita, päästöjä ja jätteitä. Tämän kehityksen seurauksena aiheutuu vakavia ympäristöongelmia. Joidenkin tutkimusten mukaan ihmiskunnan materiaalien käyttö on ylittänyt jo moninkertaisesti maapallon ekologisen kantokyvyn.¹

Kestävä kehitys on monia tulkintoja saava käsite – enemmänkin periaate kuin selkeä toimintamalli. YK:n Ympäristön ja kehityksen maailmankomission eli ns. Brundtlandin komission määritelmän mukaan kestävän kehityksen mukainen yhteiskunta on sellainen, joka tyydyttää nykyiset tarpeensa vaarantamatta tulevien sukupolvien kykyä tyydyttää omat tarpeensa.²

1 Rockström et al. 1994
2 Meadows et al. / Kahilainen 2000

Rakennussuunnittelussa kestävä kehitys on usein liitetty lähinnä ekologiseen rakentamiseen, ekologisten rakennusmateriaalien käyttöön tai asunnon energiankulutukseen sekä talotekniikkaan. Kokonaisuutena ekologinen rakentaminen on kuitenkin paljon laaja-alaisempi, koko yhdyskuntarakennetta ja sen toimintatapoja käsittävä ajattelumalli. Ydinkysymyksenä ekologisesti kestävässä kehityksessä on kasvava tarve ihmisen aiheuttaman ympäristökuormituksen vähentämiseen eli sellaisten taloudellisten, poliittisten ja kulttuuristen periaatteiden sekä toimintatapojen löytämiseen, joiden avulla koko biosfääriin ihmisyyhteiskuntineen on mahdollista jatkaa elämäänsä mahdollisimman tasapainoisesti myös tulevaisuudessa³

Kierrätystalouden mallissa jätteestä muodostuu resurssi, joka palautuu takaisin talouden käyttöön jonkinlaisen raaka-aineen muodossa⁴. Näin ollen neitseellisten raaka-aineiden tarve ja samalla niiden hankinnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset vähenevät, kuten myös piilovirrat ja niiden ympäristövaikutukset. Materiaali pysyy

3 Meadows et al. / Kahilainen 2000
4 Denim, 2004

tuottavassa käytössä pidempään, jolloin ympäristön kuormitus kevenee. Kun jättemateriaalia hyödynnetään raaka-aineena, se ei ohjaudu läpivirtaustaloudelle tyypillisellä tavalla biosfääriin.⁵

Kiertotalous ei tarkoita pelkästään materiaalien tehokasta käyttämistä ja kierrättämistä, vaan se on täysin uusi talous- ja ajattelumalli. Kiertotalouden visiossa jätettä ei enää synny, vaan ylijäämämateriaalit ovat raaka-ainetta seuraavalle toimijalle. Tuotteet suunnitellaan siten, että ne ovat uudelleen käytettävissä ja kierrätettävissä, uusiutumattomia luonnonvaroja korvataan uusiutuvilla, tuotteita korvataan palveluilla ja energia tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä⁶.

Kansantalouden näkökulmasta kiertotalouden tarkoituksena on muuttaa taloudellisen toiminnan luonnetta suoraviivaisesta kiertäväksi, ei suinkaan vähentää taloudellisen toiminnan määrää. Monissa kohdin kiertotalous jopa parantaa kansantalouden kasvua, kun toimialojen kilpailukyky kasvaa ja innovaatiot lisääntyvät. Kiertotalous ei tarkoita myöskään kulutuksen tai

5 De Marco et al. 2009
6 Arponen et al. 2014

elintason laskua, kulutuksen luonne vain muuttuu. Enää ei kuluteta tuotetta loppuun vaan sitä käytetään ympäristössä, jossa sen käyttöikä ja uudelleenkäytön mahdollisuudet on mietitty loppuun asti.⁷

On tärkeää huomata että pelkästään jätteen minimointi ei riitä, vaan jätteen syntyminen pitäisi pystyä estämään. Tähän tavoitteeseen päästään myös rakennusteollisuudessa, jos otetaan kiertotalouden ja kestävän kehityksen teemat mukaan yksittäisiin projekteihin jo suunnitteluvaiheessa. Myöhemmin näiden teemojen päälle liimaaminen valmiiseen projektiin on lähes mahdotonta, eikä enää palvele alkuperäistä asiaansa.

Kiertotaloudessa kuluttajat tai eri teollisuudenalat jakavat esineitä ja palveluja niiden omistamisen sijaan. Kiertotalouden avulla jo tuotettujen resurssien uudelleenkäyttö voidaan nostaa aivan uudelle tasolle. Suurin arvopotentiaali ei ole ainoastaan materiaalivirroissa tai jätteessä vaan niitä arvokkaampia hyödyntämistapoja ovat tuotteiden ja laitteiden huolto, uudelleenkäyttö ja uudelleenvalmistus. Raaka-aineet

muodostavat vain osan tuotteiden kustannuksista ja arvosta. Materiaalit tulee kestävän resurssinkierron kannalta kierrättää joka tapauksessa, mutta se kannattaa tehdä vasta kun muuta kierrätettävissä olevaa arvoa ei tuotteelle enää taloudellisesti saa tehokkaasti talteen. Lähtökohtana tulisikin olla arvon mahdollisimman tehokas kierto ja jätteen synnyn ehkäisy, ei jätteen määrällisesti mahdollisimman suuri hyödyntäminen raaka-aineena tai energiana.⁸

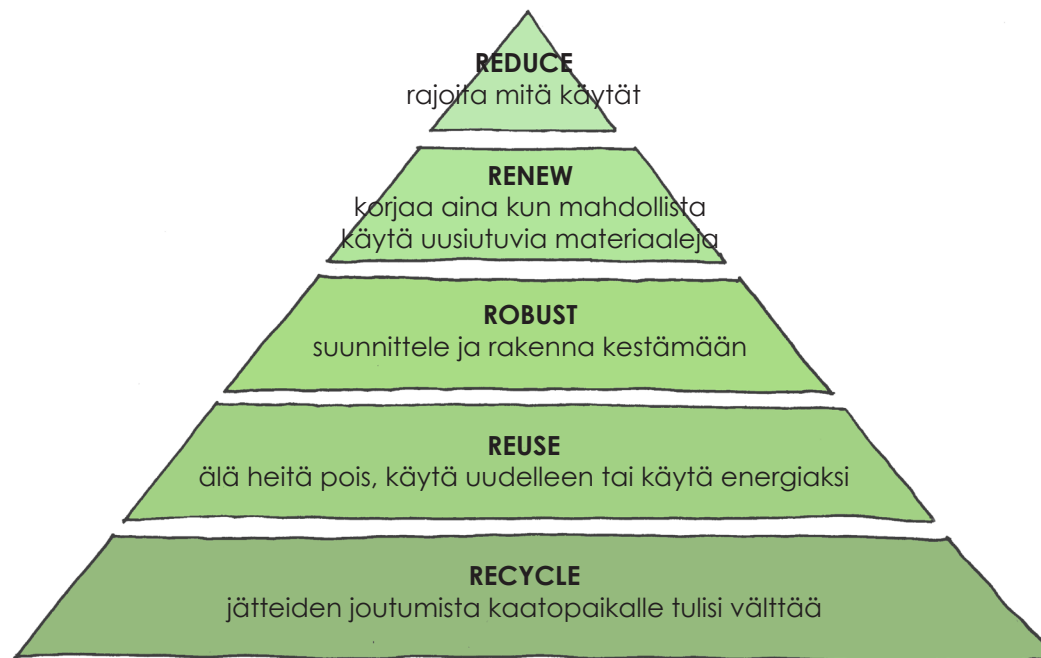
Kestävyyskriisi vie syentyessään pohjan monelta muultakin taholta – taloudelta, hyvinvoinnilta jopa turvallisuudelta, siksi sen torjumiseen olisi ryhdyttävä pikimmiten. Edelläkävijämaat, jotka siirtyvät kiertotalouteen ennakoivasti, saavuttavat tästä muutoksesta suurimmat hyödyt. Nämä maat pystyvät luomaan uusia työpaikkoja ja ratkaisuja vientiin sekä lisäämään omavaraisuuttaan raaka-aineiden suhteen.⁹

Kulutusongelmaan on Euroopan unionin tasolla esitetty ratkaisuksi materiaalitehokkuutta ja sen myötä tehokasta kierrätystaloutta eli niin sanottuja suljettuja kiertokulkuja, joissa materiaalien valmis-



tuksesta syntyvät sivuvirrat, sekä käytöstä poistuneet osat päätyvät kaatopaikan sijasta uudelleen teollisuuden käyttöön tai korjataan. Tarkoituksena on saada kallisarvoisia raaka-aineista hyötyä uudelleen, rahassa mitattavia säästöjä sekä valtavasti uusia työpaikkoja. Päättävöitteena toimintamallin pohjalla on kuitenkin talouskasvu.¹⁰ Nähtäväksi jää, kyetäänkö Euroopassa siihen, mihin teollisuusmaissa ei ole toistaiseksi kyetty: irrottamaan talouskasvu ja materiaallinen kulutus toisistaan.¹¹

Kiertotalouden mahdollisuuksien hyödyntäminen vaatii yhteiskuntaa läpileikkaavan muutoksen, mihin sisältyy uudenlaista liiketoimintaosaamista, uusia teknologiaratkaisuja, sekä etenkin ajattelutapojen ja rakenteiden muuttumista. Ajatusmaailman, arvostusten ja kulutustarpeiden muuttuessa jokainen yritys saa haasteen uudistaa omaa toimintalogiikkaansa hyötyäkseen kiertotalouden mahdollisuuksista. Vaikka digitalisaatio ja palvelistuminen painottavat virtuaalisten ratkaisujen merkitystä, kierto-



Kiertotalouden periaatteet ovat rajoita käyttöä, korjaa aina kun mahdollista, suunnittelu ja rakenna kestävästi, käytä uudelleen ja vältä jätteen joutumista käyttöön jossa siitä ei ole hyötyä.

British Woodworking Federation, 2018

¹⁰ Euroopan komission kierrätystalousstrategia 2014.
¹¹ Mattila 2014

taloudessa tarvitaan myös energiatehokkaita, vähäpäästöisiä ja ketteriä prosesseja valmistavaa teollisuutta ja logistiikkaratkaisuja.

Kiertotaloudessa aineiden ja materiaalien lisäksi taloudellinen ja aineeton arvo kiertää ja jopa lisääntyy. Arvoa lisätään sulkemalla materiaalien kiertoa eli minimoimalla jäte. Lisäksi säilytetään sekä materiaalien että tuotteiden arvo ja luodaan uutta arvoa teknologian ja palvelujen kautta. Samalla kehitetään kokonaisvaltaisesti resurssitehokkuutta kehän kaikissa osissa. Systeemiä tarkastellaan kokonaisuutena (elinkaariajattelu) sekä yhteiskunnalliset että ympäristövaikutukset arvioidaan koko arvoketjun yli.¹²

Kiertotalous luo uutta liiketoimintaa, mutta samalla se haastaa nykyiset liiketoimintamallit, verkostot ja osaamisen. Tähän voidaan valmistautua ymmärtämällä tuleva liiketoimintaympäristön muutos, tunnistamalla sen mahdollisuudet sekä etsimällä uusia arvонуontitapoja yhdessä eri toimijoiden kanssa. Kiertotalous vaatii muutosta yritysten kaikilla tasoilla, strategioissa, lii-

¹² Antikainen et al. 2016

ketoimintamalleissa sekä prosesseissa. Kiertotaloudessa arvo luodaan ekosysteemeissä. Tarvitaan uusia kumppanuuksia, joissa arvoa luodaan ja jaetaan. Ekosysteemeissä tarvitaan myös uusia yhteistyön toimintamalleja esimerkiksi tiedon jakamiseen ja hyödyntämiseen.¹³

Kiertotalous avaa yrityksille aivan uudenlaisia mahdollisuuksia kasvuun. Kasvu syntyy monimuotoisissa arvoverkostoissa, avoimessa yhteistyössä ja rohkeasti erilaisia liiketoimintamalleja hyödyntäen. Uudet teknologiat tukevat tätä kaikkea. Kiertotalouden sanotaankin olevan jopa suurin murros tuotannossa, kulutuksessa ja koko globaalissa taloudessa yli 250 vuoteen.¹⁴

Kiertotalousmallin ihannetapauksessa pyritään rohkeaan perinteiset toimialarajat ylittävään yhteistyöhön. Yhteistyöstä ja kumppanuuksista tulee elintärkeitä uudenlaisten toimintatapojen ja bisnesmallien kehittämiseksi. Hyvä esimerkki tästä ovat biopohjaisten materiaalien ekosysteemit, joissa teollisuuden, kaupan ja maatalouden

¹³ ibid.
¹⁴ Lacy, Rutqvist, 2015

jätevirrat ohjautuvat esimerkiksi biokaasun tuotantoon. Kun materiaaleja käytetään moneneen kertaan eri tuotteissa, ja sivuvirrat hyödynnetään pois heittämisen sijaan, voivat yritykset pienentää raaka-ainekustannuksia sekä löytää aivan uusia ansaintamalleja. Samalla ennakoitavuus ja omavaraisuus kasvavat, kun yritykset eivät ole sidoksissa neitseellisten raaka-aineiden hintavaihteluihin eivätkä ole samalla tavalla riippuvaisia niiden toimituksesta. Mahdollisuuksia materiaalien uudenlaiseen kiertoon on runsaasti, ja uusia malleja syntyy nyt nopeasti. Materiaalien kiertoa onkin hyvä miettiä uusiksi oman toimialan yli ja aivan uudenlaisten ekosysteemien ja kumppanuuksien näkökulmasta. Näin yritys voi löytää uutta korkeamman jalostusarvon liiketoimintaa käyttämättömistä materiaalivirroista sekä uusia kumppaneita, jotka haluavat hyödyntää yrityksen toiminnasta syntyviä sivuvirtoja.¹⁵

Kun tuotantoketjuista ja -kierroista syntyvät sivuvirrat ja hävikit jalostetaan uusiksi korkea-arvoisiksi tuotteiksi, nousevat resurssitehokkuus ja resurssien riit-

¹⁵ Elinkeinoelämän keskusliitto, 2016

tävyys keskeisiksi tekijöiksi, kun eri osien optimoinnista siirrytään kokonaisvaltaisiin, elinkaaren huomioon ottaviin toimintamalleihin.¹⁶

Kiertotaloudella tarkoitetaan taloutta, jossa resurssien käyttö on suunniteltu kestäväksi. Malli seuraa, minimoi ja poistaa talouden jätevirtoja, siten että materiaalit ja tuotteet kiertävät eivätkä vain kulu. Tämä voi käytännössä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tuotteiden materiaaleihin ei lisätä aineita, jotka estävät niiden kierrättämisen tuotteiden elinkaaren lopussa, tai että tuote on suunniteltu siten että eri materiaalit saadaan tehokkaasti eroteltua elinkaaren lopussa. Kiertotalous pyrkii myös nojaamaan uusiutuvaan energiaan. Se menee tavaroiden tai palveluiden tuotantoa ja kulutusta syvemmälle. Talouden järjestelmät on suunniteltu usein lähtökohtaisesti suoraviivaisiksi tuotannosta kulutukseen ja hävittämiseen. Tuote ja tuotanto on rakennettu vain tuotteen ensimmäistä käyttöä varten, ja kierrättäminen on usein täysin erillään tuotannosta. Materiaalin kulutuksella ja käytöllä

16 Antikainen et al. 2016

on kuitenkin eroa kiertotalouden näkökulmasta. Kulutuksen kautta materiaali päätyy jätteeksi, kun kiertotalous pyrkii siihen, että materiaaleja ja muita resursseja käytetään tehokkaasti, jolloin jätteen määrä vähenee.¹⁷

Tuotannon materiaalitehokkuudessa on puutteita useissa rakennusalan yrityksissä. Materiaalitehokkuudessa on kyse siitä, kuinka tehokkaasti tuotannossa käytetyt raaka-aineet hyödynnetään lopputuotteisiin ja mahdollisimman pieni osa raaka-aineista tai tuotannon sivuvirroista menisi tuotannossa hukkaan. Kulutuksen ja käytön jälkeen merkittävä osa materiaalista päätyy jätteeksi. Usein jätteessä olisi kuitenkin vielä sekä raaka-aine- että käyttöarvoa, jotka menevät hukkaan jos ei niitä osata hyödyntää. Ilman ymmärrystä hyödyntää materiaalivirrat uudelleen, on taloudellisesta toiminnasta syntyvän jätteen arvo menetetty.¹⁸

Yksi ongelmista on myös materiaalin kierrättäminen liian matala-arvoisen kierron kautta. Näemme usein kierrättämisen nimenomaan raaka-aineen kierrättämisenä.

17 Ellen MacArthur Foundation, 2013
18 ibid.

Kuitenkin kun tuote kierrätetään, uusiokäyttöä tai uudelleen valmistamista varten, tuote säilyttää suuremman osan tuotteen arvosta talouden kierrossa. Ellen MacArthur Foundationin raportin mukaan tämä tarkoittaa muutamaa yksinkertaista periaatetta, jotka luovat kiertotalousmallin perustan. Jäte tulisi poistaa materiaalikierrrosta jo suunnittelussa. Jätettä ei synny, jos tuotteet ja palvelut on suunniteltu lähtökohtaisesti niin, että ne on mahdollista joko käyttää uudelleen, valmistaa uudelleen tai kierrättää uusiomateriaaliksi. Tavoitteena on, että mahdollisimman suuri osa tuotannon ja siinä käytetyn materiaalin arvosta saadaan pidettyä osana talouden kiertoa.

Modulaarisuus, muunneltavuus ja mukautuvuus ovat keskeisiä ominaisuuksia nopeasti muuttuvassa maailmassa, jotta tuotteita voidaan kehittää ja parantaa tekemättä koko tuotetta uudelleen. Etenkin rakennusteollisuuden olisi hyvä ajatella elinkaarten pidentämistä juurikin modulaarisuuden kautta.¹⁹

Kiertotaloudessa on olennaista tarkas-

19 ibid.

tella systeemin kaikkia osia kokonaisuutena eikä vain palasia siitä. Vain tällöin kaikki todelliset mahdollisuudet ovat helpommin havaittavissa. Kiertotalouden tavoitteena on siis tehostaa resurssien ja materiaalien käyttöä niin, että sekä arvo että raaka-aineet säilyvät kierrossa entistä paremmin. Tällä on luonnollisesti myönteinen vaikutus myös energiatehokkuuteen, mikä edistää talouden vähähiilisyyttä. Kun tuote käytetään tai valmistetaan uudelleen, säästetään merkittävä osa alkuperäiseen tuotantoon menneestä energiasta. Kierrättäminen vähentää myös raaka-aineen alkutuotantoon, esimerkiksi kaivamiseen ja jalostamiseen kuluva energiaa. Yritysten kannalta kiertotalousajattelu luo mahdollisuuksia pienempiin kustannuksiin sekä uuden liiketoiminnan kasvattamiseen ja strategiseen uudelleen asemointiin. Kustannussäästöt tulevatkin useimmiten juuri resurssi- ja energiatehokkuuden avulla. Vastaavasti kiertotalous luo yritykselle mahdollisuuksia ansaita enemmän kerran tuotetusta tuotteesta.²⁰

Tuotteiden ja raaka-aineiden kiertoa voidaan edistää viidellä tavalla:

- 1. Ylläpidä:** tuotteen ylläpitäminen. Kun tuotteet rakennetaan kestävämpään pidempään ilman korjausta ja tarjotaan ylläpitopalveluita tuotteiden elinkaaren pidentämiseksi samalla omistajalla.
- 2. Käytä uudelleen tai jakele:** Tuotetta tulisi mahdollisuuksien mukaan käyttää uudelleen samaan tarkoitukseen jälleenmyyntimarkkinoilla.
- 3. Uudelleenvalmista tai uudista:** Tuote tulisi pystyä jollain tasolla uudelleenvalmistamaan tai muuten uudistamaan. Tuotteen elinkaari tulisi myös hahmottaa useana elinkaarena, yhden sijaan.
- 4. Kierrätä:** Materiaalit tulee uusiokäyttää ja suunnitella tuotteet niin, että materiaaleja on helppo lajitella.
- 5. Hyödynnä toisessa arvoketjussa:** Materiaalit tai sen osat tulee hyödyntää osana toista arvoketjua, kun materiaalia ei pystytä hyödyntämään enää alkuperäisellä sektorilla. Jotta tätä ajattelumallia voi soveltaa, on tärkeää, että systeemin kaikki osat tukevat taloudellisen toiminnan kiertävyyttä suoraviivaisen kulumallin sijaan.

4.1 Kiertotalouden periaatteita rakennusteollisuudessa

Rakennettu infra muodostaa ympäristömme ja on siten merkittävä osa koko kulttuuriamme. Rakennusta tai edes sen pienempää yksikköä eli asuntoa ei tulisi nähdä uusinnettavana ja aikanaan helposti pois heitettävänä materiana eli kulutustuotteena vaan kesto- tuotteena, joka kestää aikaa ja muuntautuu olosuhteiden muuttuessa. Pääsääntöisesti myös tässä kulttuurin osassa, tulisi kestävyiden olla mukana vahvassa osassa.¹

Kaupunki on aina riippuvainen luonnosta. Suljetun kierron yhteiskunnassa rakennettu ympäristö on kiinnittynyt ympäröiviin ekologiisiin kiertoihin. Kaupunki-infran tulisi osaltaan myös puhdistaa vettä ja ilmaa, tukea biodiversiteettiä ja olla tietoinen materiaalien käyttäjä, eikä olla pelkäämään kuluttaja ja ottaja. Jos tällainen suljetun kierron yhteiskunta onnistuisi, niin olisiko mahdollista, etteivät maapallon kasvunraajat tulisi vastaan?²

Maailmassa jossa huoli ilmastonmuutoksesta ohjaa niin julkista päätöksentekoa kuin muuttaa merkittävästi arvomaail-

maamme sekä kulutustottumuksiamme, voisi puuteollisuus mahdollisesti nousta keskeiseksi kestävä kehityksen toimijaksi. Kansainvälisten ilmastositomusten toteuttaminen vaatii muutoksia niin teollisuuteemme, energiantuotantomme kuin omiin kulutustottumuksiimme sekä niiden ohjaamiseen yhteiskunnan taholta. Yhtälö tarjoaa mahdollisuuden kasvattaa puun roolia osaltaan toimimaan yhtenä ilmasto-ongelman ratkaisijana. Samalla puutoimialat saavat mahdollisuuden laajentaa puun käyttöalueita myös ennen tuntemattomille osa-alueille, kuten kosmetiikka- tai lääketeollisuuteen³.

Puun käyttö rakentamisessa olisi hyvä ratkaisu ilmastonmuutoksen hidastamiseen ja puu materiaalina on myös yksi kestävä kehityksen kulmakivistä. Puu on yksi keskeisimpiä uusiutuvaan luonnonvaraan perustuvia rakennusmateriaaleistamme. Sen erilaisuus muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna perustuu elävien puiden kykyyn sitoa kasvaessaan ilmaa hiilidioksidia. Valmiissa puutuotteessa hiili varastoituu tuotteeseen tuotteen koko käyttöänsä ajaksi.

Puutuotteiden käytön lisääminen kasvattaa tuotteisiin sitoutuneen hiilen määrää ja näin ollen vähentää vapaassa kierrossa olevan hiilidioksidin määrää.⁴

Uusiutumattomien raaka-aineiden ehtyminen, energian hinnan nousu sekä tiukemmat ympäristövaatimukset muuttavat tuotteiden perinteisiä kilpailuasetelmia. Ilmastonmuutos vaikuttaa esimerkiksi metsien rakenteeseen, puunkorjuuolosuhteisiin sekä rakentamista ja puutuotteita koskeviin vaatimuksiin. Käytettävissä olevan raaka-aineen rakenne tulee muuttumaan, mikä osaltaan myös ohjaa teollisuuden liiketoimintojen kehitystä.⁵

Kestävä kasvun turvaaminen edellyttää resurssien älykästä ja kestävää käyttöä. Kiertotalous on toimintatapa, jossa tuotteiden ja materiaalien arvo kiertää taloudessa mahdollisimman pitkään. Se on eräänlainen palauttava ja uudistava järjestelmä, jolla pyritään kohti tuotteen ikuista elinkaarta. Käytännössä tämä tarkoittaa että tuotteet tulisi suunnitella siten että mate-

1 Lindstedt & Junnonen, 2011
2 Airaksinen & Vainio, 2011

3 Puutuoteollisuuden tutkimusagenda, 2015

4 Puutuoteollisuuden tutkimusagenda, 2015
5 ibid.

riaalit ovat eroteltavissa ja kierrätettävissä mahdollisimman tehokkaasti.⁶ Kun tuotetta käytetään pitkään, sen materiaalitehokkuus paranee eli siihen käytetyistä materiaaleista saatava hyötysuhde kasvaa. Samalla tarve ottaa uusia neitseellisiä luonnonvaroja vähenee ja näin toimittaessa häiriöt luonnolle ja ekosysteemille pienenevät.⁷

Rakennus on suurikokoinen tuote ja siihen kuluu paljon ja monenlaisia materiaaleja. Juuri siitä syystä rakennusten kohdalla materiaalien ja tuotteiden pitkäaikaisuus sekä pitkäikäisyys olisi erityisen tärkeää.⁸ Rakennusteollisuus vastaa 18% Suomessa syntyvästä jätteestä. Rakennusjätettä syntyy sekä rakennusprosessissa että purkuvaiheessa. Huomattavaa on, että tuotetusta jätteestä noin 73% on maansiirtojätettä, jota useimmissa maissa ei lueta jätteeksi lainkaan vaan sivutuotteeksi. Jäljelle jäävästä osuudesta suurin osa on mineraalijätettä, kuten betonia tai tiiltä. Puujätettä syntyy noin 6%, metallia 2% ja kumi- ja muovijätettä alle

6 Metropolian kestävät ja puhtaat teknologiat -innovaatiokeskittymä, 2018

7 Osara, 2002

8 ibid.

1%. Jätteestä, sisältäen maa-aineksen, 63% päätyy kaatopaikalle tai läjitykseen ja 35% poltetaan, mikä kuvastaa puun suhteellisen suurta osuutta kokonaismäärästä.⁹

Kiertotalouden kannalta rakentamisessa on kaksi mielenkiintoista näkökulmaa. Ensiksi kiinteistöjen käyttöastetta on mahdollista parantaa helpottamalla tilojen käyttötarkoituksen muuttamista sekä tilojen jakamista. Käyttöasteen parantaminen vähentäisi raaka-aineiden kysyntää. Toiseksi materiaalien hyödyntämistä elinkaaren loppupäässä voidaan edelleen helpottaa. Valtaosa kiertotalouden mahdollisuuksista rakennusteollisuudessa tulee rakennuskannan käytön optimoinnista. Nämä toimenpiteet helpottavat myös materiaalien kierrätystä. Mutta vielä tehokkaampaa on huomioida niin käytönaikaiset huolto- ja kunnostustyöt kuin purkuvaihekin jo suunnittelussa. Purkuvaihe voidaan ottaa huomioon esimerkiksi teräksen helpompana eroteltavuutena. Tämä auttaa saamaan rakennuksiin sitoutuneista materiaaleista enemmän arvoa raken-

9 Arponen et al. 2014

nuksen elinkaaren päässä.¹⁰

Meillä on käytössämme uusiutuvia ja uusiutumattomia rakennusaineita. Uusiutuviin kuuluvat esimerkiksi puu ja luonnonkuidut. Ne ovat aineita, jotka ovat haitattomia päätyessään ympäristöön, edellyttäen että niitä ei ole modifioitu haitalliseksi myrkyllisin lisäainein. Uusiutumattomia on tänä päivänä kahdenlaisia: haitattomia (esim. savi, luonnonkivi, kalkki, lasi, rauta) ja haitallisia (esim. polyuretaani, polystyreeni ja PVC). Olisi ensiarvoisen tärkeää poistaa tulevaisuuden rakentamisen yhtälöstä ne aineet, jotka ovat haitallisia päätyessään ympäristöön. Tämä on olennaista riippumatta siitä, onko materiaalitehokkuuden nimissä saatu muodostettua suljettuja kiertokulkuja, sillä mikään ihmisen luoma kiertokulku ei ole koskaan täysin suljettu. Jos ja kun aineita karkaa kiertokulun piiristä, tulee sen olla pelkkä tehokkuusvaje, ei ympäristöongelma.¹¹

10 ibid.

11 Mattila, 2014

3. KIERTOTALOUDEN TOTEUTUMINEN PUURAKENTAMISESSA

3.1 Rakennuksen elinkaari rakentamisen elinkaariarvioinnissa

Rakentamisen elinkaariarvioinnissa rakennuksen elinkaari eri vaiheina käsittää raaka-aineiden oton, rakennustuotteiden valmistamisen raaka-aineista, kuljetukset, siirrot, itse rakentamistapahtuman, rakennuksen käytön sisältäen ylläpidon, huollon ja korjaukset sekä lopulta rakennuksen poiston käytöstä ja tästä purkamisen kautta syntyvien jätteiden uudelleen käytön, kierrätyksen tai loppusijoituksen.¹

Jotta rakennustuotteiden koko elinkaaren ympäristövaikutukset tulisi otettua huomioon, tulee tarkastelurajauksen olla tarpeeksi laaja, jotta kaikki merkittävät tekijät huomioitaisiin. Suunnittelijoiden ja viranomaisten käyttöön puolestaan tarvitaan yksinkertaistetut tarkastelurajaukset, koska nykyiset Eurooppalaisten standardien rajaukset ovat liian laajat, jotta niitä voitaisiin tehokkaasti hyödyntää käytännön suunnittelu- ja valvontatyössä.

Maantieteellisillä ja kansallisilla tekijöillä on merkittävä vaikutus puutuotteiden hiilijalanjälkeen. Ilmasto vaikuttaa puulajeihin ja metsänhoidon menetelmiin. Eri

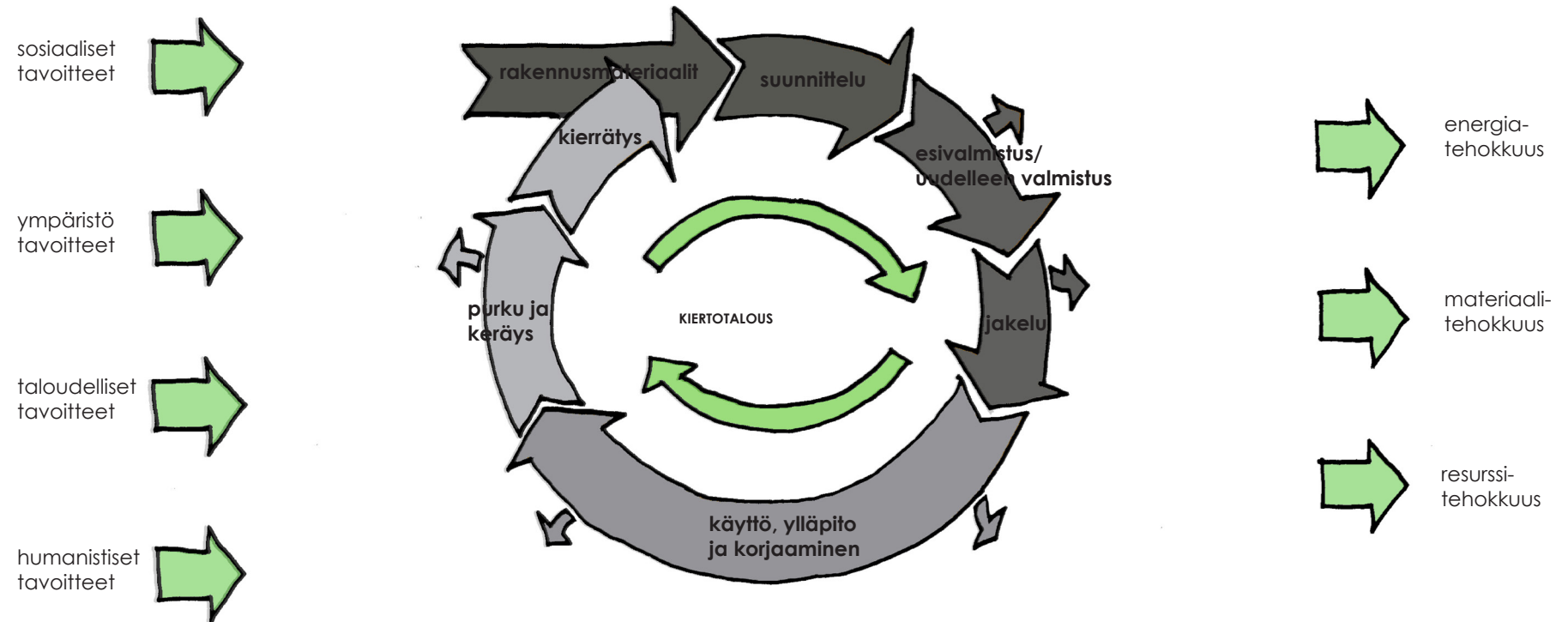
maissa käytetyt energialähteet vaikuttavat tuotteiden valmistusketjun hiilijalanjälkeen, vaikka energiatehokkuus olisikin yhtä hyvä. Maakohtaisia tietoja tarvitaan, jotta Euroopan eri maiden tuotteiden ympäristövaikutukset voidaan kunnollisesti arvioida.²

KULTTUURINEN KESTÄVYYS Rakennetun ympäristön kulttuuriperinnön vaaliminen Perinteisten rakennustapojen osaamisen säilyttäminen Vanhan kunnioittaminen Rakentamisen historian tunteminen	EKOLOGINEN KESTÄVYYS Ympäristöystävälliset hankinnat Materiaalien, energian ja veden säästö Lajittelu, uudelleenkäyttö ja kierrätys Vähäpäästöiset liikkumistavat Turvallisuus vaarallisten aineiden käsittelyssä ja varastoinnissa
SOSIAALINEN KESTÄVYYS Työympäristön turvallisuus, terveellisyys, viihtyisyys ja esteettömyys Henkilöstön hyvinvointi, terveys, työssäjaksaminen ja tasa-arvoinen kohtelu Avoimuus ja yhteistyö	TALOUDELLINEN KESTÄVYYS Ekotehokkuus ja elinkaariajattelu Elinkaaritaloudellisuus Materiaalien ja energian säästäminen Kaluston vuokraus ja lainaus Rakennusten korjaus ja kunnossapito Materiaalien ja rakenteiden suojaus

Kestävä rakentaminen voidaan pilkkoa neljään osaluokeseen: ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuurilliseen kestävyys. Ekotehokkuudella ratkaisulla voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja energiankulutusta myös asumisessa, joten kestävällä rakentamisella ja hyödyllä suunnittelulla on merkitystä. Vaikka käyttövaihe on merkittävin energiankulutusta ja ympäristövaikutuksia tarkastellessa, niin rakentamisvaiheen valinnat ja rakentamisen laatu kuitenkin ratkaisevat kuinka pitkä ja millainen käyttövaiheesta tulee.

¹ Rakennusteollisuus, 2018

² Kuittinen et. al, 2013



Kiertotaloudelle asetettavia tavoitteita ovat sosiaaliset tavoitteet, ympäristötavoitteet, taloudelliset tavoitteet, sekä humanistiset tavoitteet. Kiertotalouden toteutuessa energia-, materiaali- ja resurssitehokkuus tehostuvat.

3.2 Rakennusosien ympäristövaikutukset

Perustuksilla ja maatoilla on osaltaan suuri vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen. Vaikutus pienenee sen mukaan, mitä korkeampi rakennus on ja mitä suurempi tonttitehokkuus toteutuu. Vaikutus kasvaa sen mukaan, mitä enemmän maanalaisia rakenteita tai paalutusta tontille tehdään. Väestönsuojien rakentaminen on suomalaisten rakennusten hiilijalanjälkeä kasvattava erityispiirre.

Aurinkokeräinten valmistuksella on suuri hiilijalanjälki verrattuna muiden rakennusosien päästöihin. Lisäksi keräinten elinkaari on kohtuullisen lyhyt. Nettovaikutus hiilijalanjälkeen riippuu siitä, mitä energiamuotoa keräimillä voidaan korvata.

Mitä massiivisemmat puurakenteet talossa on, sitä suuremmat ovat niiden valmistuksen välilliset myönteiset vaikutukset esimerkiksi hiilijalanjälkeen. Puutuotteiden valmistuksen sivutuotteina syntyy runsaasti bioenergiajakeita sekä raaka-aineita sekundäärisiin tuotteisiin (mm. rakennuslevyihin).

Ilmastonmuutoksen hillintä edellyttää nopeavaikutteisia toimia. Siksi pelkkien nollaenergiatalojen rakentaminen ei riitä, jos niiden materiaalien valmistuksen kasvihuonekaasupäästöjen takaisinmaksuaika venyy vuosikymmenien pituudelle. Valmistusvaiheen päästöt on tärkeä minimoida myös nollaenergiataloissa.

Rakennustyömaan ympäristövaikutukset näyttävät olevan pieniä verrattuna rakennusmateriaalien valmistuksen ja rakennuksen käytön ympäristövaikutuksiin. Silti lisää tietoa tarvitaan puolivalmiiden tai korjattavien rakennusten työmaa-aikaisen lämmityksen ja kuivattamisen kasvihuonekaasupäästöistä.

Ylläpidon vaikutus rakennuksen elinkaaren pituuteen ja sitä kautta koko elinkaaren kasvihuonekaasupäästöihin on ratkaiseva. Lähes nollaenergiarakennusten paksut eristekerrokset edellyttävät huolellista suunnittelua, jotta rakennuksen elinkaari olisi mahdollisimman pitkä. Eristeiden ym-

päristövaikutukset riippuvat paitsi niiden lämmöneristävyydestä, myös eristeen valmistamisen ympäristövaikutuksista. Näiden nettovaikutus vaihtelee rakennuksen käyttöiästä riippuen. Rakennuksia purettaessa rakennusosat tulisi ensisijaisesti pyrkiä käyttämään uudelleen, toissijaisesti kierrättämään uusiksi tuotteiksi ja vasta sen jälkeen polttamaan energiaksi. Elinkaarensa päässä olevien puutuotteiden polttaminen bioenergiaksi voi merkittävästi korvata fossiilisten polttoaineiden tarvetta. Puun poltto voi varsinkin Suomen oloissa olla tehokas tapa korvata haitallisempia energialähteitä.¹

¹ Häkkinen et al. 2013

3.3 Rakennuksen elinkaaren osa-alueet kiertotalouden näkökulmasta

3.3.0 Yleisesti puurakentamisesta

Noin 70 % suomessa syntyvistä puutuotteista käytetään rakentamisessa. Suurimmat käyttökohteet ovat muun muassa runkorakentaminen, sisustus, pihapiirirakentaminen sekä työmaamuotit ja muut väliaikaiset rakennustarpeet.¹ Tästä syystä onkin relevanttia tarkastella kiertotalouden toteutumista juuri puurakentamisen sekä puutuoteteollisuuden kohdalla.

Puulla on paljon etuja rakennusmateriaalina, sillä se on uusiutuva ja aidosti kierrätettävä luonnonvara. Puurakentamisen ydin on tänäkin päivänä ymmärrys hyväksyä puun ominaisuudet ja käyttää materiaalia oikein. Tietoa puun ominaisuuksista on koko ajan ollut saatavilla, mutta edellytykset sille, että tieto syvenisi ymmärrykseksi ja tuntemukseksi, väheni 1950-luvulta alkaen kun teollistumisen myötä yksittäinen kirvesmies menetti yhteyden vanhemman ammatillisukupolven isältä pojalle- perimätietoon. Tämän päivän puurakentamisen osaamista oli vahvistettava koko rakentamisen arvo-

1

Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda, 2015

ketjussa. Myös uusille rakentamisen innovaatioille ja tehokkaammille rakentamisen järjestelmille on valtavasti tarvetta², perinrerakentamiseen liittyvän vanhan, mutta osittain unohdetun tiedon lisäksi.

Kuten aikaisemminkin tekstissä on jo mainittu, puu sitoo itseensä hiiltä ilmakehästä ja tästä syystä myös puurakennus toimii pitkäaikaisena hiilivarastona. Puurakentamista markkinoidaan esimerkiksi puun ympäristöystävällisyydellä, josta on myös syntynyt käsitys että kaikki puurakentaminen on EKO-rakentamista ja näinhän asia ei ole. Myös puurakenteet voidaan suunnitella huonosti ja sääoloja tai aikaa kestäättömiksi, jolloin ne eivät tue kestävä rakentamisen teemoja. Myös puurakentamisen laajempia ympäristövaikutuksia tulisi tarkastella ottamalla huomioon rakennuksen koko elinkaaren aikaiset vaikutukset.

Yksi mahdollinen puurakennuksen ekologisuutta mittaava menetelmä on hiilija-

2

Osara, 2003

lanjäljen laskeminen. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälkilaskelmien tulokset osoittavat, että rakennuksessa yksi kilo kuivaa puuta vähentää keskimäärin neljää hiilidioksidikiloa vastaavan määrän kasvihuonekaasupäästöjä. Ilmastohyöty syntyy erityisesti kun betonin käyttö korvataan puulla. Suomeen sovitetuissa laskelmissa puurakennuksen elinkaarin hiilijalanjälki on passiivirakennuksessa korkeintaan puolet vastaavan betonirakennuksen hiilijalanjäljestä. Myös puurakentamisessa tulee erityisesti kiinnittää huomiota siihen missä vaiheessa resursseja kuluu eniten tai mihin päästöihin kannattaa kiinnittää huomiota, jos ei näihin asioihin kiinnitetä huomiota heti suunnittelun alusta alkaen voi lopputulos yllättää.³

3

Luonnonvarakeskus, 2016

3.3.1 Ympäristöystävällisen rakentamisen periaatteita

Ympäristöministeriön listaamat ympäristöystävällisen rakentamisen periaatteet ovat:

Hankintalaki mahdollistajana.

Laki mahdollistaa ympäristöä koskevien vähimmäisvaatimusten, kriteerien ja ympäristömerkkien käytön julkisissa hankinnoissa. Kokonaistaloudellisesti edullisin tarjous voi olla myös ympäristön kannalta paras.

Huolellinen valmistelu.

Tavanomaista korkeamman ympäristösuoritusasteen saavuttaminen edellyttää, että hankinnan valmisteluun voidaan käyttää tarpeeksi aikaa, osaamista ja harkintaa. Vihreät julkiset rakennushankinnat eivät välttämättä ole normaaleja hankkeita kalliimpia.

Elinkaariajattelu keskiöön.

Rakennuksen koko elinkaaren aikaisten ympäristö- ja talousvaikutusten arviointiin on olemassa standardoituja menetelmiä. Niiden avulla voidaan välttää osaoptimointi ja tunnistaa kustannustehokkaat tavat parantaa rakennuksen ympäristövaikutuksia tai

käyttöikää. Elinkaariajattelun parhaat edut saadaan, jos sitä sovelletaan jo hankinnan suunnitteluvaiheessa.

Vihreät rahoitusinstrumentit.

Rahoitusmarkkinoilla on tuotteita, jotka soveltuvat erityisesti ympäristöystävällisen rakentamisen tueksi. Näiden rahoitustuotteiden edellyttämät kriteerit kannattaa huomioida hankinnan suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelun ohjauksen resurssit.

Suunnitteluvaiheessa on suurimmat mahdollisuudet vaikuttaa rakennuksen ympäristövaikutuksiin. Suunnittelun jälkeiset rakennusmateriaalien hankinnat ja urakointi toteuttavat suunnitelmaa, eikä niiden kautta voida kokonaan kuroa umpeen suunnitteluvaiheessa mahdollisesti toteuttamatta jääneitä ympäristötavoitteita.

Koordinaatio.

Julkiset rakennukset toteutetaan usein monen peräkkäisen julkisen hankinnan ketjuna. Tällöin on tärkeää, että rakennukselle asetet-

tut tavoitteet siirtyvät kuhunkin hankintaan niiden erityispiirteet huomioiden.

Olemassa olevat keinot käyttöön.

Rakennusmääräykset, hankintalaki, kestävä kehityksen standardit ja arviointityökalut mahdollistavat vihreän julkisen rakentamisen tavoitteet. Olemassa olevin keinoin voidaan asettaa vaikuttavia tavoitteita ja seurata niiden toteutumista läpi toteutusketjun. Rakennus- ja konsulttialalla on riittävästi osaamista, jonka turvin voidaan toteuttaa nykyistä ympäristö vastuullisempia julkisia rakennuksia.

Hankintaosaamisen kehittäminen vihreiden rakennushankkeiden avulla.

Hankintojen valmisteluvaihe, allianssimenetely tai innovaatiokumppanuuteen perustuvat hankinnat voivat tarjota hankintayksikön asiantuntijoille hyvän tilaisuuden päivittää tietoaan. Tämän hyödyntämiseksi tulisi hankinta valmistella huolellisesti.¹

¹ Ympäristöministeriö, 2017



Katunäkymää Iissä vuodelta 1924
Kuva: Brander Signe, Museoviraston arkisto

3.3.2 Tarveselvitys

Esisuunnitteluvaiheessa tehtävä tarveselvitys edeltää kaikkia muita suunnittelutoimenpiteitä. Tarveselvitysvaiheessa selvitetään hankkeen tarpeellisuus, edellytykset hankkeen toteutumiselle sekä toteuttamismahdollisuudet.¹ Tarveselvitys on koko rakennushankkeen perusta ja siinä päätetään koko hankkeen oleellisimmista piirteistä ja vaikutetaan eniten syntyviin kustannuksiin. Tarveselvitys käynnistyy, kun lisätilan tarve on todettu.² Tuloksista kootaan tarveselvitys, jonka pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös.³

Tarveselvitysvaiheessa tarkastellaan tulevia rakennukseen kohdistuvia vaatimuksia kuten tilantarvetta, rakennuksen sijaintia, rakentamisen ajankohtaa, toteutustavan valintaa sekä kartoitetaan saatavilla olevat rakennusalan ammattilaiset ja selvitetään hankkeen rahoitusta.⁴

Jotta kaikki kiertotalousajattelun tavoitteet täyttyisivät, olisi hankintaan, valmistamiseen, kuljettamiseen, pystyttämi-

seen ja jopa purkamiseen liittyvät osa-alueet otettava huomioon jo suunnittelun tässä vaiheessa. Tarveselvitysvaiheessa pystytään perusteellisesti kartoittamaan esim. paikallisten klusterien hyödyntämismahdollisuudet, sekä muokkaamaan hanketta parempia lähtökohtia hyödyntävään ratkaisuun.



Tarveselvitystä ohjailivat myös ennen vanhaan perheen koko sekä varallisuus. Myös kotieläinten määrä tuli huomioida taloa suunnitellessa, koska etenkin talviaikaan myös kotieläimet asuivat usein lämmitetyssä päätalossa
Ahon perhe vuohien kanssa talon seinustalla 1917



Sotien jälkeen tarve syntyi erilaisista syistä, kuin muutoin ja tuolloin myös rakennustarve kasvoi valtavasti. Pika-asutustoimikunta arvioi uusien tilojen alta raivattavaa puustoa Aitolahden Peurannassa vuonna 1940, sekä valitsee samalla rakennusmateriaaliksi kelpaavat kaadettavat puut.

1 Seppänen, 2005
2 Puuinfo, 2018
3 Seppänen, 2005
4 Rakennustieto, 2018

3.3.3 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelu käynnistetään, kun tarveselvityksen tuloksena on tehty hankepäätös. Hankesuunnitteluvaiheessa arvioidaan hankkeen toteuttamismahdollisuudet sekä toteutusvaihtoehdot tarkemmin. Tulokset kootaan hankesuunnitelmaksi, jossa asetetut laajuus- ja laatutavoitteet määrittävät hankkeen kustannustason sekä aikataulun. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös.¹

Hankesuunnittelu on rakennushankkeen perusteiden ja tarpeiden sekä niiden edellyttämien toteuttamismahdollisuuksien selvittämistä yksityiskohtaisesti. Tässä vaiheessa laaditaan suunnitteluohje rakennuksen arkkitehtonista ja teknistä suunnittelua varten, jotta suunnittelijat pystyvät laatimaan tavoitteiden mukaiset rakennussuunnitelmat.²

Hankesuunnitteluun osallistuvat yleensä rakennuksen käyttäjä, rakennuttaja ja suunnittelijat. Käyttäjän tehtävä on määrittellä tulevan toiminnan lähtökohdat ja tarpeet. Rakennuttajan tehtävä on toimia

¹ Seppänen, 2005
² Rakennustieto, 2001



Kuva: Alanko Anna, Museoviraston arkisto

Pihapiirille pyrittiin luomaan suotuisa pienilmasto keräämällä rakennukset ringiin tai puolikaareen pihan ympärille, kääntäen samalla rakennusten selät ulospäin. Näin rakennukset itsessään suojasivat pihaa tarvittaessa tuulelta tai joitain pihan osia myös auringolta. Korven talo; tiivis pihapiiri kivettyine tantereineen, etualalla vanhaisäntä ja lapsenlapsi 1950

hankkeen sisällön ja läpiviennin sekä rakennustoiminnan asiantuntijana. Suunnittelijoiden tehtävänä on koota ja tuottaa rakennussuunnittelun pohjaksi tarvittavia tietoja.³

Rakentamisen periaatteet ovat useimmiten nousseet käytännön tarpeista. On tarvittu suojaa säitä vastaan, kuivaa tilaa ihmisille ja kotieläimille sekä molempien ravinnolle ja tavaroille. Aiemmin asuinpaikaksi valittiin mahdollisuuksien mukaan aurinkoinen ja tuulilta suojattu, etelä- tai länsirinne, nykyään haasteeksi tulevat muun infran asettamat rajoitukset rakennuspaikan valinnalle. Perinteinen maatalo suojasi usein selustansa metsällä ja avasi näkymänsä viljapelloille. Pihapiiriä muodostaessa pyrittiin mikroilmastoltaan suojattuun pihaan, jolloin pihapiiriä rajamaan sijoitettiin aina rakennuksia mm aitat, suojaamaan tuulelta.⁴ Näihin asumisen tarpeiden tyydyttämiseen pyrittiin mahdollisimman yksinkertaisilla keinoilla. Rakennukset tehtiin helposti saatavista läheltä löytyvistä rakennusaineista. Tietyntyylinen vaatimattomuus on ollut leimallista suomalaiselle rakennusperinteelle; tyydyttiin käyttämään

3 Puuinfo, 2018
4 Mattinen, 2003

parasta saatavilla olevaa. Rakentamisessa päti pienimmän vaivan periaate: korjaustarvetta vähennetään kun käytetään oikeaa materiaalia oikeaan paikkaan ja tärkeimmät tai kuluvimmat osat suojataan tarvittaessa vaihdettavalla pintaverhouksella. Näin rakennuksen elinkaaren aikana saatiin myös en korjaamiseen käytettäväv työmäärä minimoiduksi.⁵

Energia on aina ollut kylmässä ilmastossamme niukka luonnonvara. Rakentamisen ja asumisen on ollut pakko sopeutua eri vuodenaikoihin. Kylmän talven ajan perheet asuivat tiiviisti rakennuksen lämpimissä huoneissa ja kesällä levittäytyttiin kylmiin pihapiirinrakennuksiin, aittoihin ja vinteil-⁶

Kiertotalous edellyttää, että tuotteet ja palvelut suunnitellaan käyttäjälähtöisesti raaka-aineiden hankinnasta, palvelukonseptiin ja siitä aina käytöstä poistoon asti. Tuotteen tai palvelun käyttöön liittyvää resurssien kulutusta vähennetään energiatehokkain ratkaisuin ja hyödyntämisastetta nostamalla. Rakennuksen pitää säilyttää arvonsa mahdollisimman pitkään korjaamisen, päivit-

5 Metsälä, 2003
6 Mattinen, 2003

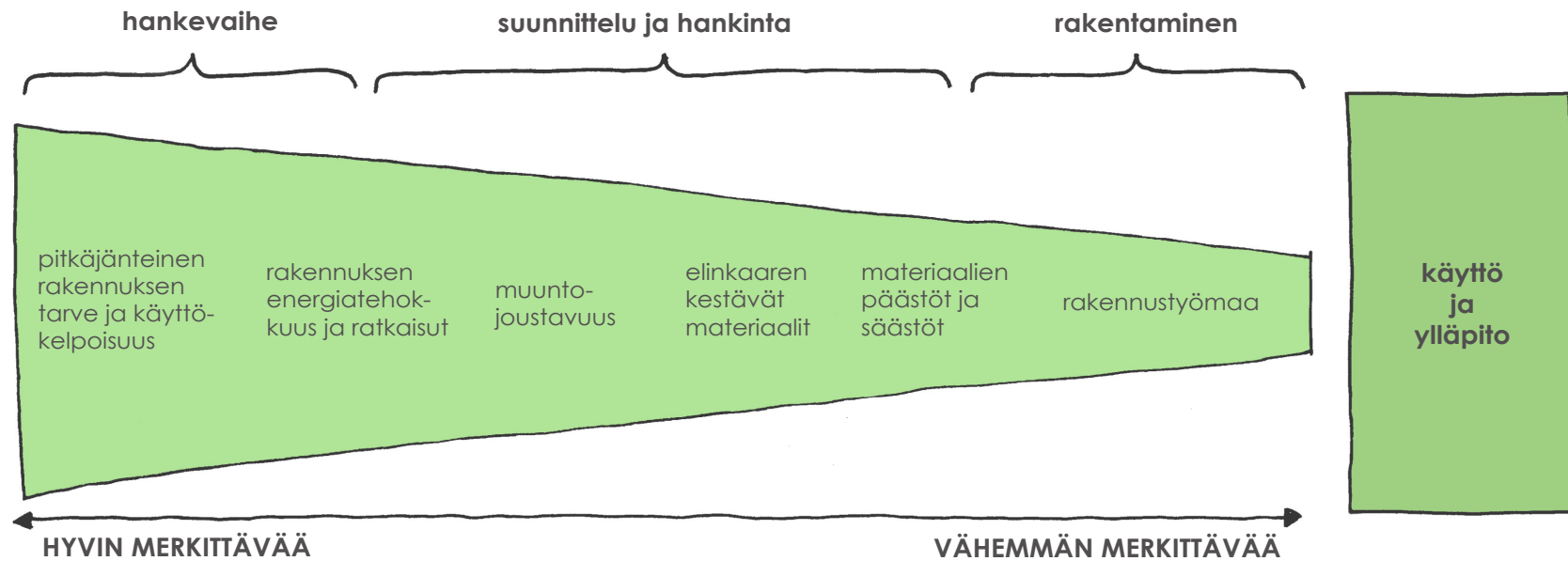
tämisen (esim. käyttötarpeen muutoksen), uudelleenkäytön tai uudelleenvalmistuksen kautta.⁷

Rakennuksen elinkaarta olisi yleisesti pyrittävä venyttämään mahdollisimman pitkäksi ja vasta elinkaaren päätteeksi tuote tulisi kierrättää mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Tällöin konsepti kokonaisuudessaan kuormittaa mahdollisimman vähän ympäristöä. Data-analytiikka, simulointi ja mallinnus luovat uusia mahdollisuuksia muun muassa koko ketjun optimointiin, monitorointiin ja ennakkoivaan huoltoon sekä käyttäjien tarpeiden ja hyväksynnän arviointiin.⁸

Kestävää rakentamista tulee arvioida rakentamisen lopputuotteen, rakennuksen, koko elinkaaren näkökulmasta. Valintaperusteina hankintamalleissa on korostettava elinkaarietäisyyttä sekä kokonaistaloudellisuutta. Tämä edellyttää koko toimintakulttuurin muutosta, jolloin hankkeissa olisi siirryttävä osaoptimoinnista kokonaisuuden hallintaan sekä elinkaarivastuuseen.⁹

7 Antikainen et al. 2016
8 ibid.
9 Rakennusteollisuus, 2018

Rakentamisen eri vaiheiden merkitys rakennuksen elinkaarelle



Rakentamisen eri vaiheilla on erisuuruinen merkitys elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin, kaaviosta huomaa kuinka suurimmat vaikutukset syntyvät jo prosessin alkuvaiheessa hankesuunnittelussa, sekä rakennussuunnittelussa.

Merkittävimmät päätökset rakennusten elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista tehdään jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa ja rakentamisessa tehtyjä valintoja ei voi aina muuttaa käytön aikana tai muuttaminen on kallista. Rakennuksen teknisten

ominaisuuksien parantaminen saattaa esimerkiksi kasvattaa kustannuksia ja päästöjä valmistusvaiheessa, mutta sen ansiosta talon elinkaaren aikainen energiankulutus, ympäristökuormitus ja kustannukset voivat pienentyä huomattavasti.

Itse rakennusvaiheessa ovat vaikutusmahdollisuudet pienentyneet jo huomattavasti.

Rakennusteollisuus2018

3.3.4 Rakennussuunnittelu

Vanhimmat säilyneet rakennukset ovat esimerkki siitä mihin hyvillä rakentamisen ratkaisuilla voidaan päästä. Vanhojen rakennusmetodien ja -materiaalien toimivuutta on niissä nyt testattu satojen vuosien ajan ja niiden heikkoudet ja vahvuudet voidaan tunnistaa. Toista on esimerkiksi sandwich-elementtirakentamisen kerrosten yhteen toimivuus,¹ joiden vaikutukset alkavat nyt pikkuhiljaa näkyä rakennuskannassamme homehtuvina taloina sekä sisäilmaongelmina.

Sekä arkkitehdin että muiden suunnitteluprosessiin osallistuvien tahojen panos vaihtelee runsaasti riippuen suunnittelun eri vaiheista. Se kuinka paljon arkkitehti voi vaikuttaa valmiin rakennuksen aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin, vaihtelee myös paljon. Niin suunnittelijan kuin rakennuttajan on oltava tietoisia siitä miten jokaisessa suunnittelun vaiheessa voidaan rakennuksen ympäristöominaisuuksia parantaa. Mitä pidemmälle projekti etenee sitä vaikeampaa

¹ Mattila, 2014

on muutoksia tehdä. Vaikuttamismahdollisuudet ovat parhaimmillaan aivan projektin alkuvaiheessa.

Kestävän kehityksen tarpeisiin vastaava koti saadaan aikaan ekotoimivuuden tarvekartoituksen ja toiminnallisen mitoituksen keinoin. Ekotoimivuuden tarvekartoitus tarkoittaa käyttäjän toiveiden ympäristövaikutusten selvittämistä. Asiakkaan toiveita verrataan suunnitteluohjeisiin.²

Toiminnallinen mitoitus tarkoittaa perinteistä tilaohjelman laadintaa ja tilamitoitusta edeltävää vaihetta. Suurempana kriteerinä on neliömetrien laatu kuin niiden määrä. Kun kodin toiminnot suunnitellaan käyttäjän tarpeista lähtien, oikomatta suoraan tilaohjelman laatimiseen, saadaan lopputuloksena tehokkaammin toimiva asunto ja laadukkaampia neliöitä ekologisista lähtökohdista toteutettuna.³

² Työteho-seura, 2018
³ ibid.

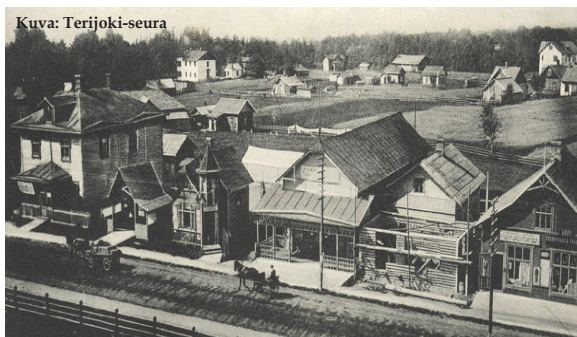


Kuva: Pietinen Otso, Museoviraston arkisto

Arkkitehti Visanti työnsä äärellä, vuonna 1941

Terijoen huvilat

Kuva: Terijoki-seura



Kuva: Järvenpää seuran arkisto



Kuva: Jaakko Suokas, oma arkisto

Terijoen huvilat ovat hyvä esimerkki siitä kuinka puurakennuksia voi siirtää pidempiäkin matkoja kun käyttöaste alkuperäisellä paikalla loppuu. Terijoki sijaitsee Karjalassa nykyisen Venäjän puolella.

1800-luvun loppupuolella Karjalan kannas alkoi houkutella pietarilaisia kesäasukkaita. Pietarin radan valmistuttua 1870 kesäasutus laajeni ja saavutti huippunsa juuri ennen 1. maailmansotaa. Terijoki oli tunnettu suomalais- ja venäläishuviloistaan ja kylpylöistään ja sitä kutsuttiinkin Suomen Rivieraksi. Vallankumouksen jälkeen 1918 Kannaksen huvilayhdyksunnasta tuli pakolaisten ensimmäinen pakopaikka ja tämä aloitti myös huviloiden rappeutuminen. Vallankumouksen jälkeen nämä huvilat joutuivat Suomen valtiolle ja vuonna 1924 käynnistettiin valtava huviloiden huutokauppa Kannaksella.

Talosta tehtiin purkamisen yhteydessä pohjapiirros tulevaa ostajaa varten. Jokainen lauta, hirsi, ikkunat ja ovetkin numeroitiin ja pohjapiirros varustettiin samoilla merkinnöillä talon ostajaa ja uudelleen pystyttäjää varten. Hevosmiehet ajoivat talot asemalle ja samat purkumiehet, joilla oli käsitys mihin taloon mitkäkin osat kuuluivat, myös lastasivat talot junaan. Yleensä yhteen junavaunuun pakattiin vain yksi talo.

Kaiken kaikkiaan Terijoen taloja tuotiin Suomeen jopa 2000 kappaletta, joista pelkäs-

tään Järvenpäähän noin 200 kappaletta. Käytännössä koko Järvenpää syntyi sen keskustaana tuotujen huviloiden ympärille, joista tänäkin päivänä todistettavasti ainakin 18 taloa on vielä pystyssä.

Talon ostaja maksoi talon purkamisen, kuljetuksen sekä uudelleenpystytyksen, joskus ostettiin jopa kaksi yksikerroksista taloa ja ne kasattiin päällekkäin kaksikerroksiseksi taloksi. Etuna uudelleen käytetyissä hirsitaloissa oli myös se, että hirret olivat jo ehtineet muokkautua lopulliseen muotoonsa, joten ne pystytettiin vuoraamaan samantien pystytyksen jälkeen.¹

Kuva vas. Terijoen juna-aseman ympäristöä 1917 Kuva kesk. Joskus huviloiden osia käytettiin myös muiden rakennusten laajennusosiksi, kuten Järvenpäälinen puusepäntörmän johtaja Salmi joka osti junakuormasta pieniruutuisen verannan osat ja lisäsi verannan kivitalonsa jatkeeksi. Kuva oik. Vuonna 1945 palaneen suksi- ja puutyötehtaan runko oli tuotu Terijoelta vuonna 1920

1

Kervinen, 1988

3.3.5 Materiaalihankinta

Vaikka ihminen saattoi ennen vanhaan muokata kasvavaakin puuta, hän kuitenkin asennoitui ottamaan ja soveltamaan käyttöönsä sen minkä metsä antoi. Nykyinen päinvastainen asenne kuvastaa ehkä laajemminkin ihmisen muuttanutta suhtautumista luontoon: ihminen päättää mitä haluaa, ja muokkaa sitten luonnon vastamaan tarpeitaan. Tätä käyttäytymistä puolestaan tuntuu säätelevän ylipänsä taloudellisen hyödyn tavoittelu.¹

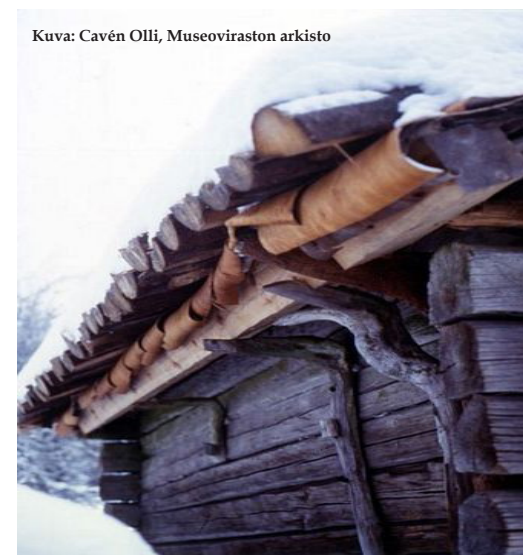
Suomalaisessa puurakentamisessa ja etenkin materiaalivalinnassa vallitsi ennen aikaan paljon erilaisia uskomuksia, joiden mukaan yritettiin metsästä täydellisin materiaali valita. Jopa keskenään ristiriitaiset käsitykset ovat kuitenkin todisteena vähintään siitä, että pyrkimys hyvälaatuisen rakennuspuun saamiseen oli vilpitön ja vakaa. Puun käyttöön liittyvä kansanperinne ratkoi pitkälti tätä ongelmaa: miten valita tarkoitukseen mahdollisimman hyvin sopiva puu. Miten kaataa ja säilyttää puu ja miten käyttää se niin, että se kestää tarkoituksessaan mahdollisimman hyvin ja pitkään. Perinteen muodostumista hallitsevat luonnol-

lisesti luonnonolot sekä ihmisen oma talous. On selvää, että materiaalin käyttö pohjautuu siihen puulajistoon jota asuinympäristössä on saatavilla, ja vastaavasti ihmisen oma talous muokkaa ympäristöä. Kun esimerkiksi kaskeaminen hävittää tuoreet kuusikot, jää rakentamisen valtapuuksi mänty.²

Vieraantumista puun ominaisuuksien ymmärtämisestä ja soveltamisesta osoittavat mineraalipohjaisten aineiden käyttö eristeenä ja puun hengittävyys tukahduttaminen tiiviillä höyrynsululla. Puun yhteyteen sopivat parhaiten puu- tai muut kasvipohjaiset aineet, jotka käyttäytyvät kosteuden suhteen puun tavoin. Kosteuden vapaa liikkuminen on välttämätöntä, jotta rakenteet pysyisivät kuivina ja terveinä.³

Entisaikaan puusta käytettiin hyväksi kaikki osat, huonoa puuyksilöä ei käytännössä ollutkaan. Rakentamisen näkökulmasta tärkeimmässä osassa oli suora runko. Juurakot ja oksat käytettiin tehokkaasti hyödyksi, niistä tehtiin ajokaluja ja huonekaluja, ja niiden luonnonvääräytyä ja sitkoisuutta käytettiin hyväksi muun muassa räystäslautojen koukuiksi, saranakoukuiksi,

² ibid.
³ ibid.



Kuva: Cavén Olli, Museoviraston arkisto

Kaadetusta puusta hyödynnettiin kaikki osa. Suorat rungot rakennuksen seiniksi, oksat kattomalkoiksi, kaarna vedeneristeeksi ja juurten käyryyttä hyödynnettiin räystäslautaa tukevana juurikoukuina.

¹ Kupila et al. 2012

ovenkahvoiksi ja porraskaiteiksi.⁴ Kaikkein sitkeimmät osat kelpasivat koville joutuviin konstruktioihin: porttien kulmaosiin, kirkonkellojen kannatinrakenteisiin, tuulimyllyjen ja sahojen koville joutuvien konstruktoiden vahvistamiseen.⁵ Ontot rungot taas sopivat mm. tierummuiksi ja vesiputkiksi.⁶

Puun käsittelyyn käytettiin myös puun luonnollisia piirteitä sekä puussa luonnostaan tapahtuvia reaktioita. Yksi näistä tavoista on hirren piiluminen, jossa kirveeniskuilla kuoritaan hirren pintaa, jolloin iskut tiivistävät puusolukkoa umpeen sulkien puun pinnan. Toisin käy sahatessa jolloin solut aukeavat ja halkeavat ja ollen näin alttiimpia kosteudelle ym. Piiluttaessa myös mahdollisimman paljon sydänpuuta tulee näkyville, jolloin sekä lahoa aiheuttavan kosteuden että auringon aiheuttaman halkeilun haitat jäävät mahdollisimman pieniksi.⁷

Tänä päivänä metsänhoidon järjestäytyneisyys ja tehokkuuden maksimointi tässäkin asiassa ovat pakottaneet met-

sänomistajat tuottamaan määrää laadun sijasta. Ääritapauksissa kiintokuutiomäärät maksimoitiin lannoittamalla metsiä. Liian nopeasti kasvava puu on rakenteellisesti heikompaa kuin täysin luonnollisesti kasvanut puu.⁸ Raaka-aineen heikkenemistä puolestaan kuvastaa hyvin rakenteiden mitoituksen ja lujuusnormien kasvaminen. Kun lisäksi puun kuivaus- ja varastointiajat ovat lyhentyneet, ei loppuun kuivunutta ja kutistunutta rakennuspuuta tahdo löytyä edes sitä haluavalle, tiivissyisestä puutavarasta puhumattakaan.⁹

Metsien kasvu on kuitenkin lisääntynyt pitkäjänteisellä työllä, mutta se ei myöskään säily korkeana ilman toimenpiteitä. Sopivat uudistamis- ja taimikonhoitomenetelmät on valittava kasvupaikkalähtöisesti. Tällä menetelmällä tuotetaan elinvoimaisia ja runsaspuustoisia taimikoita. Varttuneemissa metsissä puuston kehitystä ohjataan puolestaan toistuvien harvennusten avulla. Harvennukset takaavat, että metsikön arvokkaimmilla puilla on riittävästi kasvutilaa ja metsät säilyvät elinvoimaisina sekä hyväkasvuisina kauttaaltaan. Metsiä hoitamalla

ja hakkuita lisäämällä saadaan raaka-ainetta myös kasvavan biotalouden tarpeisiin ja samalla estetään metsien runsas tihentyminen ja ikääntyminen. Vanhoissa ja ylitieheissä metsissä puiden elinvoima heikentyy ja tällaiset metsät ovat erityisen alttiita erilaisille tuhoille, kuten myrsky-, sieni- ja hyönteistuhoille. Muuttuvassa ilmastossa erilaisten tuhoriskien on arvioitu kasvavan. Kestävän metsänhoidon metodeilla voidaan parantaa metsien elinvoimaisuutta ja lisätä niiden vastustuskykyä tuhoja vastaan.¹⁰

Suomen metsien kasvua voidaan lisätä paljon nykyisestä ja tuottaa biotaloudelle arvokasta uusiutuvaa raaka-ainetta. Tällä hetkellä tärkeintä on hoitaa taimikot ja harventaa nuoret metsät ja siten varmistaa niiden kyky tuottaa arvokasta raaka-ainetta pitkälle tulevaisuuteen. Myös varttuneiden metsien kasvua voi kestävästi lisätä.¹¹

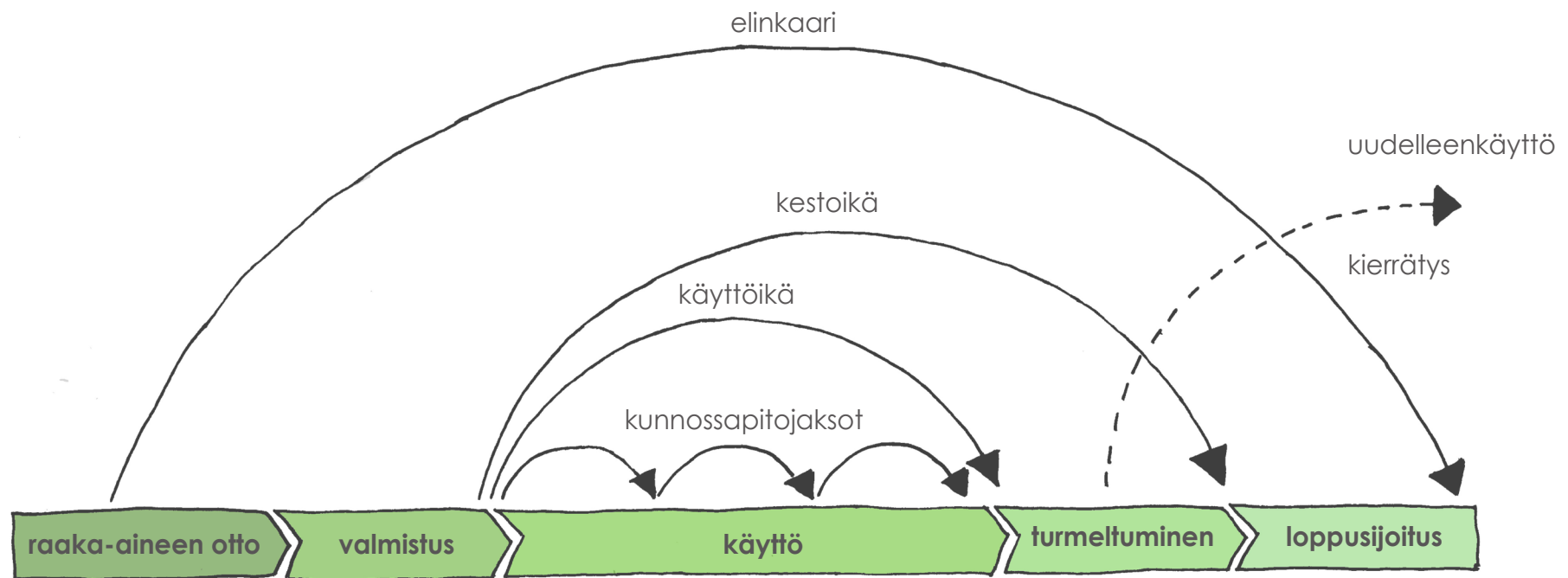
Euroopassa noudatetaan kestävää metsänhoitoa ja näytetään tietä metsäsertifiointissa. Hakkuumääriä olisi mahdollista kasvattaa Euroopassa metsävarantojen lisääntyessä. Suomessa puuston vuotuinen keskikasvu on noin 104 milj. m³, ja poistuma

4 Kupila et al. 2012
5 Santavuori, 2003
6 Kupila et al. 2012
7 ibid.

8 Osara, 2003
9 Kupila et al. 2012

10 Luonnonvarakeskus, 2016
11 ibid.

Rakennuksen elinkaaren käsitteitä



noin 70 milj. m³. Poistuma sisältää luonnonpoistuman sekä hakkuukertymän. Suomen metsissä on huomattava hakkuupotentiaali, hakkuumääriä olisi mahdollista kasvattaa kestävästi.¹² Jos metsien kasvua edelleen lisätään eri keinoin, hakkuita ja teollisuuden puunkäyttöä voidaan lisätä kestävästi ainakin puolitoistakertaiseksi nykytasosta. Metsäteollisuudelle, biotaloudelle ja tutkimukselle on iso haaste se, miten tämä voidaan käytännössä toteuttaa mahdollisimman kannattavasti, ympäristömyönteisesti ja hyökyttävästi.¹³

Pääosa metsäteollisuuden ja osa maatalouden sivuvirroista käytetään nykyisin energiantuotantoon. Uusia hyödyntämispolkuja kuitenkin tarvitaan, jotta päästään Suomen biotalousstrategiassa asetettuihin tavoitteisiin. Puunjalostuksen murros, sivuvirtojen hyödyntäminen ja niistä saatavat uudet tuotteet ovat avain tavoitteiden saavuttamiseen.¹⁴

Puun tilavuudesta noin 10 prosenttia on kuorta, joten metsäteollisuuden tuotta-

12 Roadmap 2010
13 Luonnonvarakeskus, 2016
14 ibid.

man kuoren määrä, yli kuusi miljoonaa kiintokuutiometriä vuosittain, on merkittävä. Kuoren kuiva-tuoretiheys vaihtelee männyn 300 kilosta kuutiometriltä koivun 550 kiloon, joten hyödynnettävää raaka-ainetta on paljon. Lisäksi kuori sisältää erilaisia uuteaineita enemmän kuin runkopuu. Tällä hetkellä kuori poltetaan pääosin sellu- ja paperitehtaiden sekä sahojen kuorimoiden yhteydessä olevissa kuorikattiloissa höyryn ja sähkön tuotantoon, mutta monet tehtaat ovat niistä syntyvän energian suhteen jo yliomavaraisia. Kuoriaines sisältää kuitenkin monia hyödynnettäviä ainesosia kuten esimerkiksi pihkaa, tanniineja, lignaaneja, stilbeenejä, betulinolia ja suberiinia. Kuoren sisältämät komponentit ovat suhteellisen helposti erotettavissa ja niistä saatavia arvojakeita on mahdollista hyödyntää muun muassa kosmetiikassa, hygieniatuotteissa, luontaistuotteissa ja ravintolisissä. Luonnonvarakeskuksen alustavien tutkimusten mukaan kuusen kuoren sisältämiä stilbeenejä voitaisiin käyttää luonnollisina säilöntäaineina nykyisin yleisesti käytettävien synteettisten parabeenien sijaan. Parabeenien

epäilläään aiheuttavan allergioita ja toimivan hormonihäiritsijöinä.¹⁵

Myös metsäteollisuuden sivuvirtoina syntyvä hake ja sahanpuru tulisi saada entistä arvokkaampaan hyötykäyttöön. Sa-

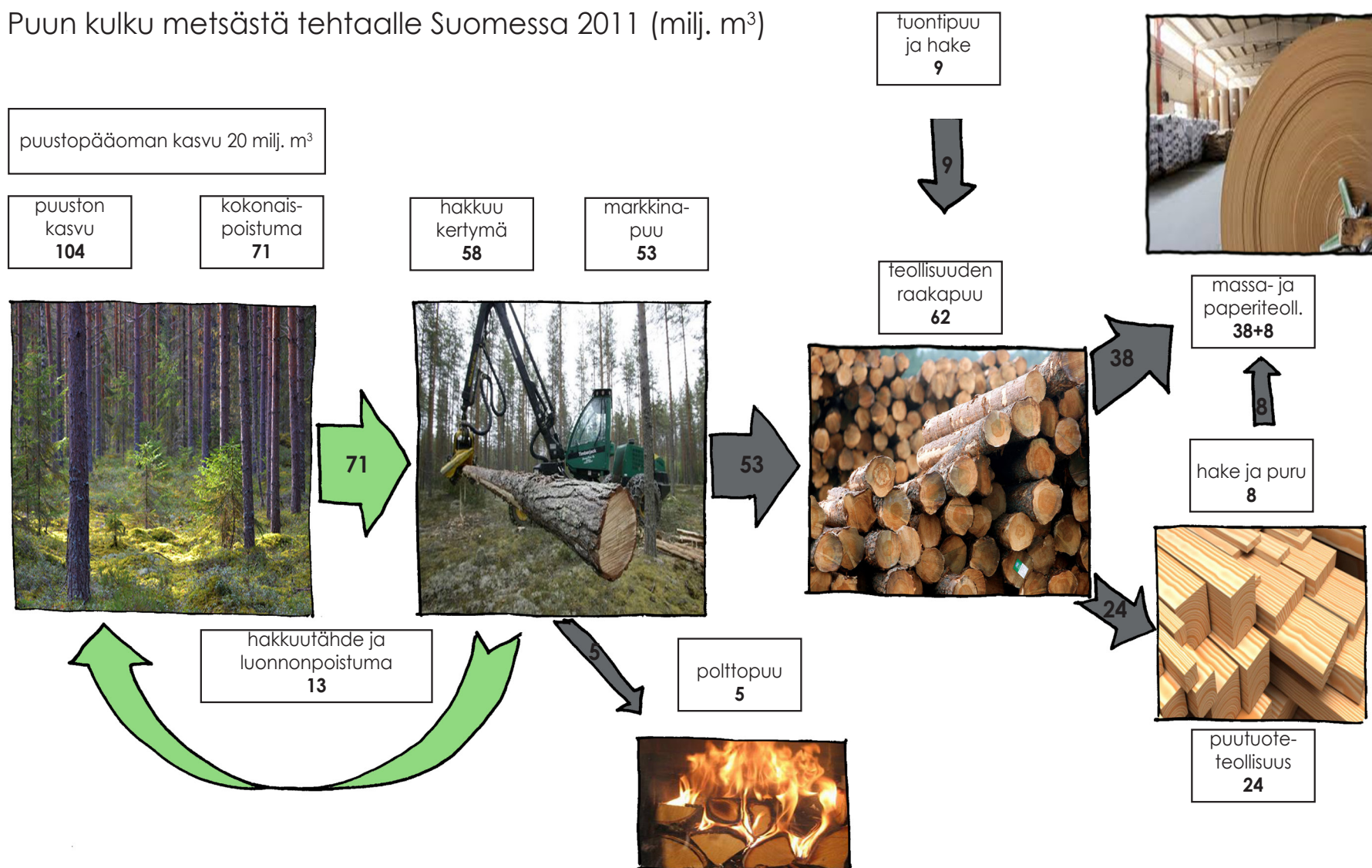
15 Luonnonvarakeskus, 2016



Kuva: Kyytinen Pekka, Museoviraston arkisto

Naisia työstämässä rakennusosia Puutalo Oy:n tiloissa Riihimäellä vuonna 1953

Puun kulku metsästä tehtaalle Suomessa 2011 (milj. m³)



haustavasta riippuen runkopuusta saadun purun määrä voi olla yli 13 prosenttia puun tilavuudesta, ja se käytetään nykyisin ensisijaisesti energianlähteenä. Sahausprosessin takia purun kuidut ovat lyhyitä, mutta purusellun laatu on kuitenkin verrattavissa lehtipuista saatuun selluun. Sellun hinta on nykyisin noin 750 euroa tonnilta, joten purusta tai muista hienojakoisista sivuvirroista valmistettu sellu lisää biotalouden arvonnousua. Purun kemiallinen koostumus on puulajista riippuen sama kuin teollisen hakekeen. Puru sisältää noin 40 prosenttia selluloosaa, 20-30 prosenttia hemiselluloosaa ja saman verran ligniiniä sekä noin 5 prosenttia erilaisia uuteaineita. Purun selluloosasta voidaan valmistaa esimerkiksi nanoselluloosaa tai liukosellua. Hemiselluloosa voidaan hyödyntää biomuovien valmistuksessa ja uuteaineista erottaa komponentteja elintarvikke-, hygieni- ja kosmetiikkateollisuuden tarpeisiin. Sahanpurun sisältämät hiilihydraattiketjut voidaan pilkkoa yksittäisiksi sokereiksi ja käyttää etanoliksi. Toinen tapa hyödyntää sivutuotteita on kaasuttaa biomassasta synteettistä kaasua, joka muunne-

taan edelleen biodieseliksi.¹⁶

Teollisuuden raakapuusta 60 % päätyy massa- ja paperiteollisuudelle, lähes 40 % puutuoteteollisuudelle. Puutuoteteollisuuden tuotteista, sahatavarasta, vanerista tai niiden jalosteista, 70-80 % päätyy rakentamiseen.¹⁷ Kuorellisesta tukista saadaan keskimäärin 45-50 % sahatavaraa, 28-32 % haketta, 10-15 % purua sekä 10-12 % kuorta. Edellä mainitut luvut vaihtelevat niin sahoittain kuin myös sahausasetteiden mukaan.¹⁸ Eli noin puolet puun kaatohetken painosta on pelkästään sivuvirtoja. Tästä syystä sivuvirtojen entistä suurempi hyödyntäminen olisi tärkeää.

Puuta käytetään rakentamisessa runkorakentamiseen, sisustukseen, pihapiiri-rakentamiseen sekä työmaalla esimerkiksi muotteihin. Käyttäjiä ovat talotehtaat, teolliset jatkojalostajat (mm. liimapuu), rakennuspuusepän-teollisuus (mm. ikkunat, ovet ja kalusteet), huonekaluteollisuus, kuljetusväline-teollisuus, pakkausten valmistajat sekä tee-se-itseasiakkaat. Vaikka puun markki-

¹⁶ Luonnonvarakeskus, 2016

¹⁷ Metsäteollisuus ry., 2013

¹⁸ Sipi et. al, 2002

naisuus rakennusmateriaaleista on jo nyt verrattain korkea, kasvu nykyisestä 35 %:sta 55 %:iin merkitsisi Metsäteollisuus ry:n mukaan yli 4,8 miljardin euron arvosta uutta liiketoimintaa.¹⁹

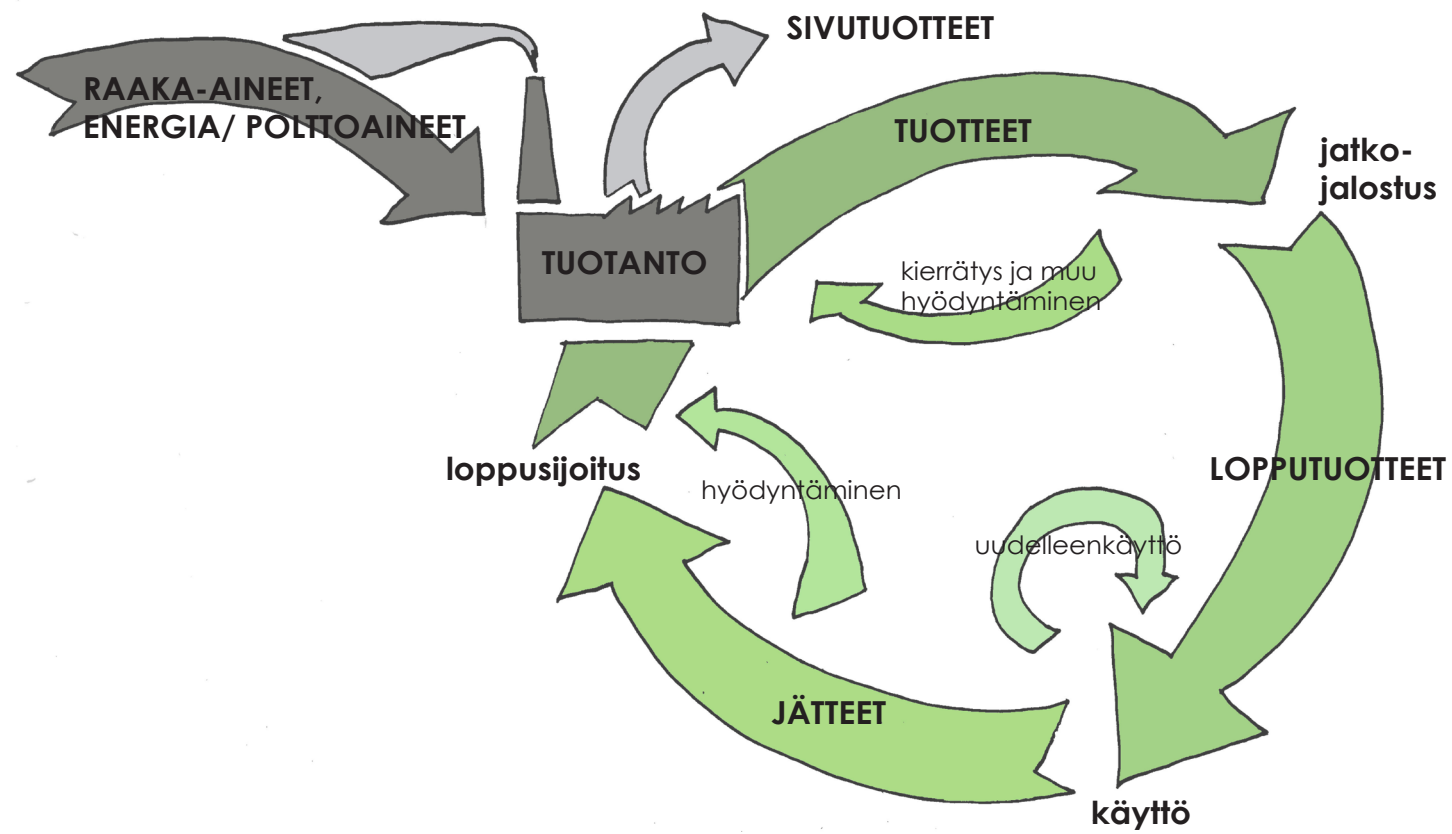
Metsäteollisuuden suunniteltu rakennemuutos muuttaa myös raakapuun käytön rakennetta. Kuiduttavan teollisuuden eli sahatavaran sivuvirroista syntyvien tuotteiden kasvusuunnitelmat edellyttävät myös arvokkaan tukkipuun käytön merkittävää lisäämistä jotta sivuvirtoja syntyisi enemmän. Suomessa on mahdollista lisätä hakuita kestävästi jopa 30 miljoonalla kuutiolla nykyisestä noin 55 miljoonasta kuutiosta. Tukkipuuta jalostavalle teollisuudelle tämä ainepohjan määrällinen ja laadullinen muutos avaa merkittäviä kasvumahdollisuuksia. Toisaalta se luo kasvutarpeita sekä painetta niin arvoketjun kuin tuotevalikoimankin kehittämiseen.²⁰

Vaikka puun polttaminen energiamuotona perustuukin uusiutuvan luonnonvarojen käyttöön energian tuottamiseksi,

¹⁹ Metsäteollisuus ry., 2013

²⁰ Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda, 2015

Tuotteiden elinkaari



tulisi sivuvirtoina syntyvän puumateriaalin polttoa välttää ja polttaa puuta vasta tuotteen loppusijoittatustoimintana käytön jälkeen, ei ensimmäiseksi. Jos puuta ei polteta oikein, eli oikeinlaisissa polttouuneissa, jotka suodattavat pienhiukkaset syntyy ympäristölle haitallisia pienhiukkaspäästöjä. Puun kaasuuntuessa myös osa palamattomista tuhka-aineista höyrystyy (muuttuu kaasumaiseen muotoon) ja tiivistyy lämpötilan laskiessa hyvin pieniksi hiukkasiksi jotka leviävät ilmakehään savun mukana.²¹ Tällöin pienenee samoin hiilinieluna toimimisen aika, kun puu käytännössä suoraan kaatamisen jälkeen poltetaan.

Valmistetaanko tuotteenne sivuvirroista jotain vai meneekö ”ylimääräinen” materiaali hävitettäväksi (esim. kaarna, oksat, puumateriaalista leikatut osat/ palat, sahanpuru jne.)?

Noin puolet puuteollisuuden kyselyyn vastanneista yrityksistä kertoi sivuvirtojaan käytettävän mm. oman tuotantolaitoksen energiantuotantoon, muutama kertoi sivuvirtojaan käytettävän myös ympäröivän infran energiantuotantoon.

Tuoretta haketta menee puolestaan paperi- ja sellutehtaille, pelleteiksi ja esimerkiksi maatilojen kuivikkeiksi. Kyselyn vastauksen perusteella sivuvirroista ei juurikaan kaatopaikka jätettä synny, vaan kaikki sivuvirrat käytetään jollain tavalla hyödyksi. Suurin osa sivuvirroista poltetaan.

Jos sivuvirroista syntyvä materiaali menee hävitettäväksi, oletteko pohtineet mihin muuhun sitä voisi käyttää?

Noin puolet yrityksistä on myös pohtinut olisiko sivuvirroille vielä tehokkaampaa käyttöä. Esimerkiksi sahan- ja kutterinpu-run käyttöä entisaikojen tapaan eristeenä on pohdittu, samoin lämpölaitoksista syntyvän tuhkan loppusijoittaminen kiinnostaa. Voisiko tuhkan esimerkiksi rakeistaa metsän lannoitteeksi?

Noin 70% kyselyyn vastanneista olisi myös kiinnostuneita kehittämään sivuvirroistaan jotain uudenlaista liiketoimintaa, jos oikea yhteistyökumppani tai sopiva innovaatio löytyisi.

Suurin osa kysymykseen kieltävästi kieltävästi vastanneista yrityksistä oli sitä mieltä että nyt jo hyödynnetään sivuvirrat täysin, joten tarvetta uusille yhteistyökuviolle ei ole.

Varpulan kartano



Kuva: Jari Vesanen



Kuva: Jari Vesanen



Kuva: Jari Vesanen

Rakennus sai alkunsa vuonna 1749 kun sen seinähirsistä rakennettiin alunperin Lapuan kirkko. Talonpojat värvättiin etsimään Lapuanjoen yläjuoksulta pyhätön arvoiset komeimmat hongat hirsiksi veistettäväksi. Kirkon rakensi Hendrick Katil 1749 ja se huutokaupattiin purettavaksi, pahoin vaurioituneena, Lapuan nykyisen tuomiokirkon valmistuttua 1827.

Talonpoika Keisala osti kirkon hirret ja uitti ne Lapuanjokea pitkin Kauhavalle. Kauhavalla hirsistä rakennettiin kaksi pohjalaiskartanoa, joista Varpula on toinen. Epäonnisisissa liiketoimissa omistaja menetti kuitenkin kaiken omaisuutensa ja talo päättyi uudelle omistajalle, jonka suku kuitenkin muutti muualle vuonna 1970 ja talo jäi ilman asukkaita.

30 tyhjillään olon jälkeen vuonna 2002, Helsinkiläinen pariskunta osti pahasti rän-

sistyneen ja huonokuntoisen talon, jonka kantava runko oli kuitenkin pääpiirteittäin ehjä. He numeroivat hirret, purkivat talon ja siirsivät talon Talmaan Sipooseen. Perillä Sipoossa rakennettiin uudet perustukset, rikkoutuneet osat korjattiin ja talo kasattiin uudelleen. Taloon päästiin muutamaan sisään vuonna 2006 ja tänä päivänä se toimii luomutilan pää-rakennuksena, nimenään Varpula. Samalla nimellä kuin jo Pohjanmaalla talonpoika Keisala oli talon ristinyt.

Lähde: Varpulan kotisivut 2018

3.3.6 Materiaalin kuljetukset rakennuspaikalle

Entisaikaan puut on mieluiten kaadettu talvella, niiden ollessa kasvukauden ulkopuolisessa lepotilassa, jolloin mahla ei kulje ja puiden oletettiin olevan kuivimmillaan. Myöskään tuhohyönteiset ja tuhosienten eliöt eivät silloin liiku, puun kuljettaminen metsästä on helpompaa, ja maatalon työrytmi antaa myöden metsätöille. Pitkien matkojen vuoksi hirsikehikko saatettiin veistää jo metsässä ja kuljettaa purettuna kotiin. Näin ei myöskään kuljetettu mitään ylimääräistä.¹

Etenkin ennen autojen käytön lisääntymistä, pyrittiin puut kaatamaan lähellä rakennuspaikkaa, jotta ne saatiin helposti hevosreellä vedettyä tai joskus puunkaato-paikat valittiin rakennuspaikkaan nähden siten, että tukkeja voitiin uittaa, kuten edellisen sivun Varpulan kartanon tarinassa.

Kuljetukset voivat lisätä rakennuksen hiilikuormaa yllättävänkin paljon. Jos esimerkiksi tutkimme CLT-rakentamisen alkuaikoja Suomessa, jolloin omaa tehdasta ei vielä ollut. Puut kaadettiin Suomessa, kuljetettiin työstettäväksi Itävaltaan ja valmiina CLT:na takaisin Suomeen. Vaikka rakennus itsessään oli vähäpäästöinen, nostivat kuljetuspäästöt sen hiilijalanjälkeä huomattavasti.²

¹ Metsälä, 2003
² Airaksela, 2016



Kuva: Tuntem., Museoviraston arkisto



Kuva: Pietinen, Museoviraston arkisto

Yllä: Hevonen kuljettaa tukkuuormaa lastauspaikalle (puun varastointipaikka) Kuhmossa 1940

Alla: Rekka-auton tukkuuormaa sidotaan lastauspaikalla Sortavalan maalaiskunnassa 1938

Kuinka kaukaa puutavaranne tuodaan tehtaallenne tai tuotantolaitokseenne?

Jos matkaa on yli 100km, oletteko pohtineet materiaalin hankkimista lähempää jolloin kuljetuskustannukset sekä kuljetuksesta aiheutuvat päästöt pienenisivät?

0-100 km	8 yritystä
100- 200 km	9 yritystä
200- 300 km	4 yritystä
300-400 km	3 yritystä
400-500 km	1 yritys

70% kyselyyn vastanneista yrityksistä ilmoitti materiaalin kuljetusmatkansa olevan yli 100 kilometriä. Heistä 50% ovat pohtineet materiaalien hankkimista lähempää jos vain sopivia toimittajia olisi ja loput 50% eivät ole pohtineet materiaalien tilaamista lähempää, koska käytössä on jo lähin tai markkinoiden kannalta kannattavin tuottaja.

Optimaalisena kriteerinä materiaalin tilaamiselle pidettiin laatu-hinta-suhdetta, joista kuljetusmatka on yksi, muttei kuitenkaan se ratkaisevin tekijä. Kuljetusmatkan pituus voi kuitenkin kääntää kaupan lähimmälle toimittajalle melko helposti, ei niinkään päästöjen vuoksi, vaan enemmän ajansäästön sekä taloudellisten intressien.

3.3.7 Rakentamisvaihe

Ympäristöministeriö on listannut rakennuksen suunnittelussa sekä rakentamisessa huomioon otettavat seikat, jotta rakennukset rakentuisivat kestävä kehityksen periaatteiden mukaisiksi. Kestävä kehityksen näkökulmasta rakennukset tulisi suunnitella pitkäikäisiksi, helposti ylläpidettäviksi ja korjattavaksi. Rakentamisessa tulisi käyttää neitseellisten luonnonvarojen sijaan mahdollisimman paljon kierrätettyjä materiaaleja. Rakennukset tulisi suunnitella toiminnoiltaan, tiloiltaan, järjestelmiltään ja rakennusosiltaan muunneltavaksi. Jo suunnitteluvaiheessa olisi otettava purkamisvaihe huomioon siten että elinkaarensa lopussa purettavan rakennuksen rakennusosat ja materiaalit olisivat helposti kierrätettävissä, joko käyttämällä ne uudelleen tai jalostamalla toiseen muotoon. Työmaa-aikana tulisi välttää materiaalihukkaa sekä rakennusjätteen syntymistä.¹

Perinteiset rakennusmateriaalit, kuten puu, savi ja tiili ovat luonnonmukaisia tuotteita. Yksinkertaisin työkaluin ja menetelmin ne jalostuvat käyttökelpoisiksi rakennuso-

siksi. Lujuuksiensa ja huokoisuutensa ansiosta ne ovat yhtäaikaaisesti sekä kantavia että risiäviä rakennusmateriaaleja.² Välttääksemme homeet ja muut kosteusongelmat on meidän tunnettava erilaisten rakennusmateriaalien pelisäännöt. Liiallinen kosteus on uhka lähes kaikille rakennusmateriaaleille. Luonnonmateriaalit kestävät kuitenkin melko hyvin kosteutta, koska kosteus pääsee kulkemaan niissä vapaasti. Kosteus voi jopa viipyä yksiaineisissa massiivisissa rakenteissa, kunhan sen annetaan haihtua ja rakenteiden kuivua. Eriaineiset, kerroksiset ja muovisin kosteussuulaukukset varustetut rakenteet eivät hengitä, vaan kosteus kondensoituu vedeksi pinnoille, eikä rakenne pääse kuivumaan jolloin lyhytaikainenkin kostuminen voi pilata koko rakenteen.³

Näiden rakenteissa luonnollisesti tapahtuvien reaktioiden lisäksi 1960-luvun rakennusbuumi on jättänyt jälkensä rakentamiskulttuuriimme. 1960-luvun teollisen rakentamisen murros sai rakennustuotantomme ennennäkemättömään mittakaavaan



Yllä: Perheen miesväki aitan rakennuspuuhissa Kivijärvellä

Alla: Ruotsalaistaloit olivat myöhempien rintamamiestalojen ilmeisiä esikuvia.

¹ Ympäristöministeriön raportteja 17 | 2014

² Mattinen, 2003
³ ibid.

ja tulokset olivat pitkälle samansuuntaisia kuin teollisella vallankumouksella aikojen saatossa.⁴ Käytännössä teollisen vallankumouksen laukaisi 1800-luvulla yksi keksintö: höyrykone. Tavoitteena oli työtehokkuuden parantaminen – enemmän hiiltä, rautaa ja kangasta vähemmällä ihmistyömäärällä. Tämä ennennäkemätön tehokkuus johti ajanmittaan epätasapainoon tuotannon sekä uusiutuvien luonnonvarojen välillä, jolloin huomaamattaan ihminen käänsi luonnon resurssit luontoa vastaan.⁵ Höyrykone mahdollisti ihmisyhteiskunnan huiman taloudellisen sekä sosiaalisen kehityksen, mutta samalla alettiin suuressa mittakaavassa laiminlyödä tiettyjä luonnon vaatimuksia, jotka siihen asti olivat varmistaneet tasapainon luonnon ekosysteemissä. Talouden ja ympäristön välisen yhteyden ymmärtäminen ei vaikuttanut merkittävältä ja vielä 1900-luvun puolivälissäkin uskottiin yleisesti luonnonvarojen ehtymättömyyteen.⁶ Teollisesta vallankumouksesta lähtien teollisuuden sekä kertakäyttökulttuurin aiheuttamat

4 Eduskunnan tarkastusvaliokunnan mietintö 2013
5 Anderson, 2001
6 Hawken, 2010

ympäristövaikutukset ovat horjuttaneet planeetaarista ainekiertoamme. Epätäydellinen ainekierto on aiheuttanut vakavia ekologisia ja ilmastollisia muutoksia.⁷

Tuolloin siirryttiin yksinkertaisemmista hengittävistä rakenteista tiiviisiin materiaaleihin sekä monikerrosrakenteisiin, kuten sandwich-elementteihin. Tuolloin myös vähitellen katosi ajatus että rakennuksen tulisi kestää isältä pojalle. Alettiin puhua jopa 35–40 vuoden käyttöiästä, jonka jälkeen rakennukset oli tarkoitus joko purkaa tai perusteellisesti modernisoida. Merkittävää on myös, että Suomessa nämä asunnot myytiin lainan turvin omistusasunnoiksi, sillä grynderijärjestelmään perustunut tuotanto oli lyhytjänteistä toimintaa eikä pysyvää vuokraustoimintaa harjoittavia yhteisöjä ollut.⁸

1970-luvun taitteessa Suomessa kehitettiin avoin Betoni Elementti Systemi (BES) -järjestelmä asuinrakentamista varten. Järjestelmässä standardoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit. Tämä edesauttoi

7 Graham, 2003
8 Lindh, 2013



Kuva: Shostrom Bengt, oma arkisto



Kuva: Shostrom Bengt, oma arkisto

Yllä: Rankarakenteisen rintamamiestalotyylisen vapaa-ajan asunnon rungon pystytystä.

Alla: Saman talon jäykistävän vinolaudoituksen asennusta

kilpailuttamista ja tarkoitti rakennuttajille useamman toimittajan mahdollista hyödyntämistä. Puurakentamisen puolella vastaava järjestelmää ei ole ollut. Yhtenäisen järjestelmän puuttumista on pidetty yhtenä teollisen puurakentamisen kehityksen hidasteista.

Puurakentamisen standardointia ryhdyttiin kehittämään 2010-luvulla ja alkuvuodesta 2013 julkaistiin RunkoPES-järjestelmä. Järjestelmässä sovitaan mittamoduulit, liitosperiaatteet ja perusrakennerratkaisut. Vakiointi ei rajoita arkkitehdin suunnitteluvapautta eikä yritys kohtaisten sovellusten kehittämistä, sillä

PES-järjestelmä vakioi ainoastaan rakennusrungon liitosjärjestelmän puurakentamisessa. Standardoinnin avulla eri valmistajien tuotteet ja ratkaisut ovat yhteensopivia. Työ- ja elinkeinoministeriön puurakentamisohjelman kehittämisspäällikkö Markku Karjalaisen mukaan RunkoPES-järjestelmä merkitsee teollisen puurakenta-

misen läpimurtoa.⁹

Viime vuosina luonnonmukaiset materiaalit ovat lisänneet suosiotaan. Niiden käytön yleistymistä rakentamisessa voidaan tarkastella niin materiaalikehityksen kuin asumisolosuhteiden ja -vaatimustenkin näkökulmasta. Rintamamiestalojen yksinkertainen rakenne ja toimiva, melko helposti muunneltava pohjaratkaisu sekä hirsitalojen miellyttävän pehmeä sisäilma ovat toimivia esimerkkejä oman aikansa onnistuneista rakennuksista, mutta asumisen vaatimukset ovat niistä ajoista muuttuneet. Useimmista luonnonmateriaaleistakaan ei vielä tiedetä miten ne käyttäytyvät esim. vaipan rakennevahvuutta kasvatettaessa tai kerroksellisuutta lisättäessä. Vanhoista hyvistä opeista pitäisi siis osata ammentaa kokemusta uusiin rakennuksiin, mutta uutta tutkimustyötä on tehtävä koko ajan samalla.



Yllä: miehiä talvisella rakennustyömaalla Sallassa 1945

Perustukset

Rakennukset on perinteisesti pystytetty hyvälle rakennusmaalle – ja usein tontin korkeimmalle kohdalle valumavesien ulottumattomiin, nykyään koko ajan tiivistyvässä rakennuskannassa ei parhaiden perustuso-olojen valinta kuitenkaan aina ole mahdollista. Aiemmin perustuksissa perinteisesti käytettyjen materiaalien kuten luonnonkivien työstö ei ollut helppoa eikä halpaa. Mutta tästä perinteisestä alapohjatyypistä, rossipohjasta, olisi myös nykyrakentajalla paljon opittavaa. Tämä tuulettuva alapohjatyyppe on kehittynyt vuosien saatossa vastamaan Suomen ilmasto-olosuhteita, etenkin kosteutta. Vanhoissa taloissa kuitenkin alapohja vuotaa jonkin verran lämpöä, aiheuttaen lämpöhukkaa, mutta toisaalta tämä vuoto suojasi perustuksia roudalta¹

1

Riuttamäki, 2003



vas. yllä: Pohjalaistalon luonnonkivistä muurattu kivijalka
Nousiainen 1960

vas.: Luonnonkivistä ladottu sokkeli Kupsenkylä, Koskela,
Pornainen 1961

Yllä: Uuden viljelystilan asuinrakennuksen perustuksia vale-
taan Jokioisissa. Taustalla raivattua uutta viljelymaata.

Kantava runko

Suomi on tunnettu hirsirakentamisestaan. Se on ollut luonteva tapa rakentaa täkäläisissä maanomistusoloissa, rajallisin työkaluin ja hevosvoimaa hyödyntäen.¹

Hirrestä veistäminen oli Suomessa vallitsevana rakennustekniikkana aina 1000-luvulta 1900-luvun alkupuolelle asti. Hirttä käytettiin pääasiassa alle 3-kerroksisiin rakennuksiin: sekä asuintaloihin että julkisiin ja kaupallisiin rakennuksiin. Valta-asemansa puurakentamisessa hirsi menetti rankarakenteille vasta 1940- ja 50-luvuilla, palaten uudelleen käyttöön 1900-luvun jälkipuolella pääasiassa loma-asuntojen rakentamisessa,² sekä tänä päivänä enenevässä määrin myös julkisessa rakentamisessa mm. päiväkodeissa ja kouluissa.³

Puinen rankarakenne kehitettiin Yhdysvalloissa 1800-luvulla. Ensimmäiset rankarakennekokeilut tehtiin Suomessa 1880-luvulla, mutta yleiseen käyttöön rakenne otettiin vasta toista maailmansodan

jälkeisen materiaaliapulana myötä. Tällöin rakennetta käytettiin yleisesti rintamamiestaloihin eli ns. jälleenrakennuskauden pientaloihin sekä kaksikerroksisiin pienkerrostaloihin. Rankatekniikalla rakennettuja rakennuksia kutsuttiin alkuun ”lautataloiksi”, koska ohuen runkomateriaalin ja julkissivulaudoituksen lisäksi myös talojen jäykistys hoidettiin lautakerroksella, eli vinolaudoituksella. Massiiviseen hirsirakenteeseen verrattuna rankarakenne kuluttaa puumateriaalia huomattavasti hirsitaloa vähemmän.⁴ Matalaenergiatasoiseen rakentamiseen on puu edelleen hyvä materiaali, mutta tähän tarkoitukseen viime vuosikymmenten rankarakentamisen rakennepaksuudet ovat jääneet liian ohuiksi. Rankarakentamisen tekee massiivirakentamista halvemmaksi se, että on taloudellisempaa sahata puu laudoiksi, joita mekaanisesti liittämällä saadaan vahvaa rakennetta. Tällöin yhden laudan huonolaatuisuus ei rasita koko rakennetta. Negatiivisena puolena taas on materiaalin heterogeenisyydestä johtuva laadun vaihtelu, jonka vuoksi rankarakenteella on isommat varmuuskertoimet ja ra-

kenteet joudutaan usein ylimitoittamaan.⁵

Nykyään massiivi- ja rankarakenteiden rinnalle on nousuut myös elementtirakenteet. Elementtien lähtölaatu on useimmiten korkea, koska rakentaminen voidaan tehdä hyvissä työskentelyolosuhteissa, rakenteiden ollessa vaakatasossa sekä kuivassa ja lämpimässä, joko tehdashallissa tai sääsuojassa. Rakennusosien välisten liitosten yhteensovittaminen vaatii kuitenkin tarkkuutta työmaalla. Elementtien väliset liitokset toteutetaan tavallisesti naulaliitoksina vastaavasti kuin paikallarakentamisessa. Suurin haaste on liitosten toteuttaminen niin, että niistä saadaan lämpöä eristävät ja tiiviit.

Uudelleenkäyttöä ajatellen elementtitekniikalla rakennettu talo on helppoa purkaa koska elementtitekniikka jakaa sen yksittäisiin, itsenäisiin osakokonaisuuksiin. Naulaliitokset tai ruuviliitokset voivat kuitenkin olla niin tiheitä, että liitoksen purkaminen voi olla yhtä työlästä kuin paikalla rakennettujen rakenteiden.

1 Riuttamäki, 2003
2 Huuhka et al. 2018
3 Puuinfo, 2018

4 Huuhka et al. 2018

5 Riuttamäki, 2003

Eristys

Koska pääosa rakennuksen ympäristövaikutuksista syntyy rakennuksen käytöstä, lähinnä lämmityksestä, on käytettävällä eristeellä suuri vaikutus rakennuksen ympäristöominaisuuksiin. Kyse on siis siitä, miten hyvin lämmitetty sisäilma pysyy rakennuksen sisällä ja kylmä ilma ulkona. Perinteisessä suomalaisessa rakentamisessa hirsi on riittänyt hyvin rakennuksen ainoaksi vaipaksi, mutta tuolloin asuttiin tiiviisti vain muutamassa huoneessa, jotka saivat lämpönsä keskellä sijaitsevasta sydänmuurista. Muuria puolestaan lämmitettiin uusiutuvalla energialla, eli puulla. Nykyrakentajalla on tarjolla muutama luonnonmukainen eristevaihtoehto: pellava, silppueristeet kuten puru, turve tai korsisilppu. Myös paperipohjaiset eristeet, kuten selluvilla käyttäytyvät rakenteessa luonnonkuitujen kaltaisesti eli kykenevät sitomaan ja luovuttamaan kosteutta. Luonnon eristeissä on uskallettu jättää mineraalivillojen höyrysulku pois ja korvata sen ”höyryjarrulla” eli ilmansulkupaperilla.¹



Kuva: Tirilä Soile, Museoviraston arkisto



Kuva: Tirilä Soile, Museoviraston arkisto

Yllä: Fragmentti; rankorakenteisesta seinästä, sahanpuru eristeineen 1900-luvun alusta.

Yli-Lauroselan talomuseo, Ilmajoki

Alla: Hirsiseinän eristeeksi sopii sammal, jouhet tai heinät.

Sivuvirtojen käyttöä uudelleen vanhassa muodossaan?

Etenkin jälleenrakennuskaudella rakennusmateriaalien sivuvirtoja, eli sahanpurua ja kutteripurua käytettiin yhtenä pääasiallisena rakennusten lämmöneristeinä. Kovin syövällistä tutkimusta sahanpurun eduista lämmöneristeinä tuohon aikaan tuskin oli, mutta oliko se pakon, talouden vai maalaisjärjen sanelemaa, että sitä eristeinä kuitenkin käytettiin.

Sahanpuru elää kosteus- ja lämmönmuutoksissa samaa tahtia puurungon kanssa sekä hygroskooppisuutensa ansiosta se imee kosteutta, päästää ilman ja kosteuden vapaasti kulkemaan rungossa, pitäen rungon näin kuivana. Tiina Vainio-Kailan väitöstutkimuksen mukaan on todisteita jopa puun antibakteerisista ominaisuuksista, jotka ehkä osaltaan kyseenalaistaa sahanpurun poistumisen eristekatalogistamme.

Moni bakteeri nimittäin kuolee puupinnalla. Selitys löytyy niin puun uuteaineista, ligniimistä kuin puun tuoksustakin. Yksi väitöskirjan artikkeleista pureutui juuri puun VOC (Volatile Organic Compounds) -yhdisteisiin. Monien materiaalien VOC-päästöjä pidetään terveysriskinä, mutta puulle tyypillisen tuoksun synnyttävä alkoholi, aldehydien ja terpeenien sekoitus on väitöstyön perusteella haitallinen bakteereille, mutta ei ihmisille.

Ehkä paluu perinteiseen sahanpurueristämiseen toisi tällä hetkellä pääasiassa poltettavaksi menevälle sahan- ja kutteripurulle ainakin yhden osan elinkaarta lisää, ennen sen joutumista loppusijoitukseen, esimerkiksi polttamalla. Tätä samaa aihetta pohtivat myös monet kyselytutkimukseen vastanneet sahan- tai hirsiseinämönnön omistajat, että voisiko sahanpurulle keksiä muuta käyttöä, kuin polttamisen?

Pintamateriaalit

Pintamateriaaleilla on valmistukseen liittyvien ympäristökuormien lisäksi suuri merkitys myös sisäilman laatuun. Yksinkertaisuus on hyvä nyrkkisääntö myös sisämateriaaleissakin. Uusia pintamateriaaleja kehitetään kovaa vauhtia mitä erilaisimmista raaka-aineista, myös eri yhdistelmien määrä on valtava. Kun vielä otetaan huomioon materiaalien kemiallinen yhteensopivuus ja rakenteissa oleva kosteus, saattaa riskikerroin nousta korkealla. Perinteisistä suomalaisista pintamateriaaleista merkittävin on puu. Viime vuosikymmeninä puuta on mm. lakattu tummumisen estämiseksi. Vaihtoehtoisena ratkaisuna voi harkita käytettäväksi perinteisen männyn sijasta vaaleampia puulajeja. Yhtenä toimivana sisämateriaalina voisi pitää myös polttamatonta savea. Perinteisestikin hirsiseiniä on savirapattu sisäpuolelta.

Ympäri maailmaa tunnetaan saven puunomainen ominaisuus tasapainottaa kosteusolosuhteita. Polttamattomat savituotteet, kuten tiilet, rappaus ja laatat, edustavat puhtaimmillaan yhtä ympäristöystävällisintä ja käyttäjäturvallisinta sisämateriaalia. Materiaalien hyväksyminen puhtaasti sellaisenaan poistaisi riskitekijöitä, eikä esimerkiksi puu oikein käytettynä vaadi käsittelyä ei sisä- eikä ulkokäytössä. Käsittelemätön puupinta toimii myös käsiteltyä paremmin kosteuden tasapainottajana. Perinnemaalit ja -käsittelyt saattavat tarjota riskittämpiä vaihtoehtoja, mutta kompromisseja niissäkin on jouduttu tekemään.¹

¹ Riittämäki, 2003,



Mäntyhirren luontaista lahontorjuntaa on ulkopinnan piiluaminen. Kuvassa Rieskan talon porstua vuonna 1956, jonka seinät on kästelty piiluamalla. Talo sijaitsee nykyään Seurasaaren ulkomuseossa.



Puutalo Oyn talokhdas Riihimäellä, 1953

Kuva: Kytöinen Pekka, Museoviraston arkisto

3.3.8 Käyttö ja ylläpito

Rakennusten elinkaaren pituutta voidaan tarkastella rakennuskannan poistuman ja kannan pitkäikäisimpien edustajien avulla. Rakennukset poistuvat käytöstä yleensä hylkäämisen, purkamisen, tulipalon tms. syyn vuoksi. Myös rakennuksen käyttötarkoituksen muutokset näkyvät tilastoissa talotyyppikohtaisina poistumina. Tilastojen mukaan pitkäikäisimpiä ovat olleet asuinrakennukset, julkiset rakennukset ja jotkin maatalouden rakennukset joiden keskimääräinen käyttöikä on ollut n. 50 vuotta. Lyhin käyttöikä on teollisuus- ja liikerakennuksilla joiden keski-ikä on vain noin 20-30 vuotta.¹

Rakennuksella on taloudellista arvoa vain niin kauan kuin sillä on käyttöä. Jos rakennus jää tarpeettomaksi ja tyhjilleen, jäljelle jää vain kustannuksia. Lämmittämättömänä ja ilman huoltoa rakennus tuhoutuu korjauskelvottomaksi jolloin sen jäännösarvo lähestyy nollaa ja purkukustannukset odottavat vain maksajaansa. Purkaminen ja uudisrakentaminen olivat varsinkin 1960-1970-luvuilla yleinen tapa uudistaa kiinteistöä kannattavaksi. Toinen mahdolli-

suus uudistaa kiinteistön tuottavuus olisi jatkaa rakennuksen taloudellista käyttöikää ideoimalla sille uusi käyttötarkoitus tai perusparantamalla rakennus jälleen tuottavaksi. Korjaaminen on huomattavasti materiaalihokkaampaa kuin purkaminen koska korjauksiin kuluu vähemmän materiaaleja kuin uuden rakentamiseen.²



Kaaviossa on esitelty mihin Pohjalaistalo voi taipua. Talo muuntuu aina yksikerroksesta yhden perheen talosta (1.) korottamisen (2.) ja kahden laajenuksen (3. ja 4.) kautta kaksikerroksiseen kahden perheen taloon (5.) joka perinnönjaon yhteydessä pilkotaan kahteen yhden perheen taloon (6.). Näin talo palvelee tilantarpeen ja elämäntilanteen mukaan.



Yllä: Hirsiseinää on jatkettu liitoksilla talon laajennuksen mahdollistamiseksi.

Alla: Vanha kuva Västinmäen talosta Ylistarossa havainnollistaa, miten tarpeiden kasvaessa taloa voitiin laajentaa, niin ylös kuin sivullekin päin.

¹ Osara, 2003

² ibid.

Kittelän talon elinkaaren eri vaiheet kuvina



Yllä: Kittelän talo alkuperäisellä paikallaan Terijoella
Alla: Kittelän talo tuotiin Järvenpäähän vuonna 1920 Rakennus on muuten täysin sama, mutta kattomateriaali on muutettu tiileksi



Kaikki kuvat: Kittelä Irma, Järvenpään taidemuseo

Yllä: Kittelän talo muutettuna kahvilaksi Järvenpäässä
Alla: Kahvila laajennettuna korkeammalla osalla, johon sijoittuivat Osuuspankin tilat

3.3.9 Korjaaminen

Suomessa rakentaminen painottui pitkään pääasiassa uudisrakentamiseen. Korjausrakentamisen merkitys oli vähäinen, ja sitäkin ovat leimasivat pitkälti uudisrakentamisen menetelmät. Korjausrakentamisessa on neljä samaan aikaan tapahtuvaa kasvu-uraa: energiatehokkuus, vanhentuvan ja vanhentuneen rakennuskannan kunnossapito, nykyaikaistaminen uusille sukupolville ja käyttäjäryhmille, sekä uusi käyttö, vanhojen toimintojen loppuessa.¹

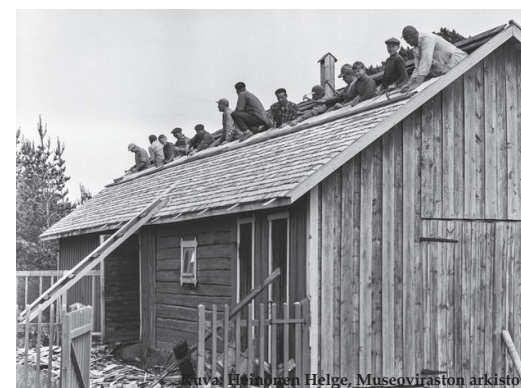
Korjausrakentaminen mielletään rakennussektorin toimijoiden keskuudessa usein varamarkkinoiksi, joilla on tarkoitus tasata uudisrakentamisen suhdanteita.² Tästä johtuen korjausrakentamisessa käytetään pitkälti samoja prosesseja ja tuotteita kuin uudisrakentamisessa. Niin kauan kuin korjausrakentamisen kehittäminen tapahtuu uudisrakentamisen ehdoilla ja metodeilla, ei korjausrakentaminen varsinaisesti edisty, eikä markkinoille saada innovatiivisia ratkaisuja.³ Teolliseen rakentamiseen perustuvien uudenlaisten kor-

jausrakentamismallien kehittäminen on välttämätöntä. Pieni hankekoko asettaa korjaushankkeille haasteita, samoin vanhojen rakennusten asettamat reunaehdot suunnittelulle ja toteutukselle sekä tarve rakennuksen mahdolliselle käytölle korjausten aikana.⁴ Ympäristönäkökulmasta korjausrakentaminen on parempi vaihtoehto kuin purkaminen ja uuden rakentaminen. Purkamisesta syntyy jätteitä, uuden rakentaminen kuluttaa luonnonvaroja ja energiaa sekä aiheuttaa päästöjä. Tulevaisuudessa elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten huomioiminen tulee korostumaan päätöksenteossa.⁵

Rakennusteollisuuden tulee nähdä korjausrakentamisen tuotteiden ja ratkaisujen kehittäminen yhdenvertaisena mahdollisuutena ja tulevaisuuden markkina-alueena uudisrakentamisen rinnalla, samoin kuin entistä kattavampien palveluiden tarjoaminen korjausrakentamisen yhteydessä. Kuten toteavat, korjausrakentamisen palveluiden kehittämisessä tulisi unohtaa uudisraken-

1 Airaksinen & Vainio, 2011
2 ibid.
3 ibid.

4 Lindstedth, 2011
5 Airaksinen & Vainio 2011



Kuva: Heinonen Helge, Museoviraston arkisto



Kuva: vanhatalokuntoon.fi

Yllä: Miehii korjaamassa pärekattoa 1962 Kaunissaaressa
Alla: Hirsitalon vaurioituessa voidaan vain vaurioituneet hirret vaihtaa uusiin, kunnossa olevien hirsien jatkaessa elämäänsä osana rakennusta

tamisen raamit ja pohjata kehitystyö tutkimustuloksien ja uusien teknologioiden hyödyntämiselle.⁶

Korjaustyön kilpailukykyä heikensi vuonna 1994 käyttöön otettu arvonlisävero (ALV). Arvonlisävero nostaa korjaustyön hintaa korkeammaksi suhteessa uusien rakennusosien asentamiseen. Energian ja raaka-aineiden käyttö lisäävät ympäristön kuormitusta, kun työ puolestaan on kokonaan uusiutuva ja myrkytön luonnonvara, jota nyt kartetaan virheellisen taloudellisen ohjauksen vuoksi. Nykyinen verotus- ja talousjärjestelmä on osittain kestävän kehityksen vastainen ohjatessaan voimakkaasti materiaalliseen kulutukseen työn ja palvelujen sijasta. Materiaalitehokkuuden ja kestävän kehityksen edistämiseksi verojen ja sivukulujen tulisi kohdistua vähintäänkin tasapuolisesti eri tuotannon tekijöihin (joita siis ovat työ, raaka-aineet, energia ja pääoma) Rakennuksen elinkaarikustannukset muodostuvat rakentamiskustannuksista, käyttö- ja kunnossapitokustannuksista, ajanmukaistamiskustannuksista sekä purku- ja loppusijoi-

tuskustannuksista. Rakennuksen hankinta muodostaa noin 2/3 elinkaarenaikana muodostuvista kustannuksista, jos käyttöaika on 40 vuotta. 90 vuotta kestävässä rakennuksessa hankintakustannuksen osuus on enää puolet. Tarkasteltaessa rakennuksen kustannuksia pitkällä käyttöajalla korostuvat erityisesti lämmitys- ja muut energiakustannukset. Onkin tärkeää rakentaa ja korjata talot mahdollisimman säästäväisiksi. Energian kulutus on kustannuskysymys, mutta myös suurin luontoa saastuttava tekijä. Tulevaisuudessa tullaan rakennusten käyttöaika suunnittelemaan entistä tietoisemmin. Tähän liittyy rakennusosien käyttöikämitoitus, mutta myös rakennuksen käytön toiminnallinen suunnittelu. Mukaan vertailuihin voidaan ottaa myös liikennekustannukset jotka riippuvat sijainnista yhdyskuntarakenteesta.⁷



Kuvan Seurasaaren ulkomuseoalueelta, jossa kaikki rakennukset ovat muualta siirrettyjä
Kuva: Museoviraston arkisto

Puutalon siirtäminen

Hirsirakennus on todellinen kestokulutushyödyke. Parhaimmillaan se on kuin Lego-rakennussarja: muunneltava, siirrettävä sekä monella tapaa mukautumiskykyinen. Pohjalaistaloja on usein laajennettu pala palalta tarpeiden ja taloudellisen tilanteen mukaan. Aluksi rakennettiin usein vain välttämättömin osa, jota on myöhemmin voitu jatkaa tai korottaa, lisäämällä hirsikertoja päällekkäin tai peräkkäin. Mutta tarpeen mukaan, on toimittu myös toisin päin: perinnönjaossa taloja on pantu kirjaimellisesti paloiksi. Poika on vienyt mennessään esimerkiksi yläkerran tai talon toisen päädyn.

Taloja on siirretty myös viranomaisten määräyksestä. Esimerkiksi isossajaossa kylärakennetta haluttiin hajottaa ja tiluksia yhtenäistää. Alavilla mailla rakennuksia on jouduttu siirtämään myös tulvien alta, ja tietenkin ne ovat olleet myös arvokasta kauppatavaraa. Tyhjiin jääneen talon kehikolle on aina ollut uutta käyttöä: moni talo on rakennettu vanhan talon kehikosta. Hirsirungolla saattaa olla jopa kolme elämää asuinrakennuksena ennen kuin se päättyy talousrakennuksen, karjasuojan tai lopulta ladon kehikoksi. Vielä senkin jälkeen satoja vuosia vanhat hirret voidaan käyttää polttoaineena.

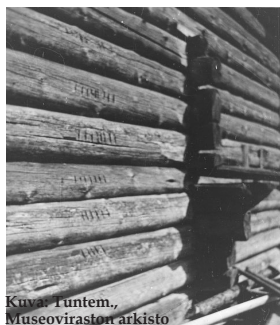
Hirsisaloos kestää hyvin siirtämistä. Lyhyet siirrot on perinteisesti tehty rullasiirtoina. Jopa kaksikerroksisia pohjalaistaloja on siirretty miesvoimin kokonaisina rullaamalla vielä 1930-luvulla. Talosta purettiin muurit ja lattia sekä poistettiin ikkunat. Välipohjat jätettiin paikalleen sitomaan hirsirunkoa. Tyhjä talo kangettiin ylös, niin että rullat saatiin alimman hirsin

kerran alle. Rullat olivat toista metriä pitkiä, ja niiden päässä oli reiät vääntökankia varten. Rullaus tehtiin maahan asetettujen hirsien yli, siten, että hirsiiä ja rullia siirrettiin jatkuvasti talon takaa etupuolelle. Näin talo siirtyi viidenkymmenen–sadan metrin päivävauhtia.¹ Pitemmät siirrot on aina tehty purkamalla. Hirret numeroidaan ja kuljetetaan uuteen koamispaikkaan kuorma-autolla, junalla tai laivalla. Näin pohjalaistaloja on siirretty jopa pääkaupunkiseudulle.²

Siirtäminen on aina kuulunut pohjalaistalojen perusfilosofiaan. Ne on suunniteltu siirrettäviksi. Talo voidaan koota alkuperäiseen asuunsa, samalla voidaan toteuttaa myös peruseräparannus. Missään pohjalaistaloalueella siirtämiseen ei kuitenkaan suhtauduta kevyesti. Siirtäminen on viimeiseksi valittu keino, sillä siirrossa menetetään aina jotakin talon alkuperäisestä arvosta. Menetyksiä tulee sekä talon omistajalle että seudun asukkaalle. Jokainen talo on ihmisten kotiseudun osa. Se kuuluu kaikkien yhteiseen maisemaan. Rakennuksiin ja niiden muodostamaan kokonaisuuteen liittyy yhteisiä ja yksityisiä muistoja. Siirtäminen on hyvä ratkaisu silloin, kun rakennuksen säilyminen alkuperäisellä paikallaan on uhattuna. Pohjalaistalolle ei ole eduksi olla tyhjiällä. On kunniakkaampaa palvella toisessa ympäristössä uuden perheen kotina, kuin rapistua kylmillään asumattomana.

1 Hämäläinen, 2008

2 Lång-Kivilinna ja Hautamäki, 2011



Kuva: Tuntem.,
Museoviraston arkisto

Hirret numeroituna uudelleen-
kasaamisen helpottamiseksi



Kuva: Tonka E,
Museoviraston arkisto

Iisalmen pappilaa puretaan
Seurasaaren ulkomuseoon
siirtoa varten



Kuva: yle.fi/uutiset

Puutalo siirrettiin Hämeenlinnan keskustasta Hallituskadulta
kirjaston viereen Vanajaveden rantaan kesäkuussa 2013.



Kuva: byggningsbacka.blogspot.fi

Vinotuet tukevat talon runkoa nyrjähdykseltä
nostojen ja siirron ajan

3.3.10 Uuskäyttö ja ylläpito

Korkeiden muutostyökustannusten välttämiseksi on toimitilarakennuksissa alettu tavoitella joustavia ja muunneltavia ratkaisuja. Joustavuus tarkoittaa sitä että rakennuksen tilat ovat monikäyttöisiä ja voidaan helposti kalustaa uusiin tarpeisiin. Muunneltavuus puolestaan on sitä että väliseiniä on helppo purkaa tai asentaa uusiin paikkoihin.¹

Rakennuskannan käyttöikään vaikuttaa ehkä voimakkaimmin se, hyväksytäänkö oleva rakenne kaavoituksella pysyväksi osaksi kaupunkirakennetta vai halutaanko tilalle jotain muuta? Vain säilyttävä kaava voi edistää pitkän käyttöiän toteutumista. Kaavojen käyttötarkoituseräysten tulisi myös joustaa niin, että monikäyttöisiä rakennusrunkoja voidaan hyödyntää uusiin tarkoituksiin ilman suurta hallinnollista kitkaa.²

Huolenpito rakennetusta ympäristöstä on kestävyys yksi osatekijä, sosiaalinen kestävyys. Yhteistyö, yhteishankinnat ja kokemustenvaihto näissä puuhissa on arvo-

kasta ja tavallista. Jos yhdyskuntien rakentamiseen ja korjaamiseen liittyviä sosiaalisia tavoitteita rakennettaisiin yhä enemmän yhteistyössä, sosiaalisten vaikutusten arviointi voisi auttaa tässä työssä arvioimalla niitä edellytyksiä joilla hyvät tavoitteet saadaan toteutettua.³

Jos ihmiset saataisiin entistä enemmän arvostamaan elinympäristöään, sitoutuisivat he samalla, luonnollisella tavalla suojelemaan ja uudistamaan sitä. Tällöin esimerkiksi jo olemassa olevan ympäristön korjaamisesta tulisi sosiaalinen itseisarvo uuden rakennuskannan sijaan.

Kuten jo todettua, puutarvikkeiden vaurioituminen on toki todennäköisempää konepurkamisessa kuin käsin purkamisessa, mutta myös käsin purkaessa vaurioitumista (esim. päiden halkeamista) ei voida täysin välttää.⁴

Vallitsevan käsityksen mukaisesti vanheneminen ei itsessään muuta puumateriaalin ominaisuuksia. Uudelleenkäytettävien puurakenteiden aineksen laatu on näin

Onko tuotteenne helposti jatkojalostettavissa uudeksi tuotteeksi alkuperäisen käyttötarpeen päättyessä (esim. talon purkaminen, osat uusiokäyttöön kaatopaikan sijaan)?

Hirsitehtaat ovat tietoisia tuotteensa uudelleenkäytön mahdollisuuksista, vaikkakin osa oli sitä mieltä ettei tänä päivänä hirsitalojen purkaminen tai siirtäminen ole kannattavaa liiketoimintaa. Muutama rankelementtitehdas sekä CLT-tehdas ilmoittivat myöskin lopputuotteensa olevan purettavissa ja käytettävissä uudelleen. Lohkoina valmistettu rakennus on helppo irroitella lohkoiksi, siirtää se uudelle paikalle ja laittaa uudelleen käyttöön. Parhaiten rakennus on kokonaisuutena teknisesti kierrätettävissä. Siirtotilanteessa rakennus voidaan myös uudistaa, muunnella, laajentaa tai pienentää eli saadaan uuteen käyttötarkoitukseen. Tekninen käyttöikä on vähintään 50 vuotta ja parhaimmillaan voidaan rakennusta käyttää jopa 100 vuotta.

Lähes kaikkien vastanneiden mielestä tehokkain puumateriaalin uusiokäyttö on kuitenkin energiana tai esimerkiksi silputuna lastulevyjen tai muiden rakennusosien raaka-aineeksi.

1 Osara, 2003
2 ibid.

3 Päivänen, 2003
4 Huuhka et al. 2018

ollen pääosin määrätynyt jo puun kasvaessa. Vanhimpien puurakennusten puuaines on yleensä huomattavasti laadukkaampaa ja tarkemmin valikoitua kuin 1900-luvun loppupuolen puumateriaalit, mikä voi lisätä niiden haluttavuutta. Myös vanhan puun patinoitunutta ulkonäköä voidaan pitää tavoiteltavana ominaisuutena.

Rakenteiden taipumat ovat kuitenkin tyypillisiä vaakarakenteissa (palkistoissa), erityisesti mitä pienipoikkileikkauksisemmasta puutavarasta on kysymys. Ne voivat rajoittaa sitä, millaiseen uuteen käyttötarkoitukseen purettu osa voidaan asettaa.

Puisten rakennusten haitta-aineet eivät yleensä sijaitse puussa itsessään. Rakennuspuussa esiintyviä haitta-aineita ovat lähinnä kyllästeet, kuten kreosootti ja pentakloorifenoli. Molemmilla on voimakas tunnusomainen haju, jonka perusteella ne ovat helposti tunnistettavissa.

Rintamamiestaloissa rungon puutavara on usein ollut kosteusrasitukseltaan haastavissa olosuhteissa. Tämä seikka saat-
taa vähentää niistä saatavissa olevan puuta-

varan määrää. Puurakenteiden vauriot, kuten laho- ja hyönteisvauriot, ovat kuitenkin helposti tunnistettavissa visuaalisesti. Lahovaurioitunutta puutavaraa ei tule käyttää kantavissa rakenteissa, sillä laho heikentää puun kantavuutta. Koska vauriot ovat tyypillisesti paikallisia, voi myös vaurioituneista rakennuksista löytyä uudelleenkäytökelpoisia osia. Mikrobivaurioituneiden rakennusten osien uudelleenkäyttö tulisi sen sijaan rajoittaa toissijaisiin rakenteisiin, esim. ulkorakennelmiin, joissa niistä ei aiheudu sisäilmariskiä.

Rankarakenteista helpommin irrotettavat osat eli pien- ja suurelementit sekä rankarunkoiset tilaelementit sisältävät eristeitä. Eristeiden kontaminoituminen voi niin ikään aiheuttaa uudelleenkäytössä sisäilmariskin, joka on huomioitava esimerkiksi näytteenoton tai uudelleenkäyttökohteiden rajaamisen kautta.⁵

Voiko valmistamanne tuotteen käyttää helposti uudelleen (helppo purkaa ja kasata uudelleen, jos käyttötarve muuttuu tai päättyy)? Miten?

Kyselytutkimuksen vastausten mukaan monet puuteollisuuden yritykset ovat poh-
tineet tuotteidensa kierron tehostamista, jos oikeanlainen yhteistyökumppani löytyisi.

Osa puolestaan on sitä mieltä, että jokaisen tulisi keskittyä omaan liiketoimintaansa ja tuotteiden jatkokäyttö tai uudelleenkäyttö on jatkokäyttäjän liiketoimintaa ja tai vasta seuraavan sukupolven asia.

Osa on kuitenkin pohtinut elinkaaren päässä olevan tuotteensa (esim. suurelementin) palauttamista takaisin tehtaal-
le, jossa tuote voidaan hallitusti purkaa ja osat kierrättää, joko jatkojalostamalla tai käyttämällä uudelleen.

Noin puolet kyselyyn vastanneista yrityksistä tiedostaa tuotteiden uudelleen-
käytön mahdollisuuden ja on kiinnostunut kehittämään tuotantoaan paremmin vastaamaan tähän kysyntään.

Vanhankylän kartano

Vuonna 1800 luvulla rakennettu Vanhankylän kartano Järvenpäässä on hyvä esimerkki vanhojen rakenteiden uudelleenkäytöstä. Nykyinen rakennusrunko on koottu neljän erillisen puretun rakennuksen tai rakennuksen osan rungoista. Ulkoapäin tätä osista koamista ei kovin helposti voi todeta, mutta vintillä vanhat rakennusrungot ovat selkeästi erotettavissa toisistaan.

U-muotoisen rakennuksen osat ovat itäsiipi, keskiosa, tupakeittiö ja länsisiipi. Näistä tupakeittiö ja itäsiipi ovat pitkänurkkaisia, keskiosa puolestaan on tehty lyhytnurkkaisena, lohenpyrstöliitoksella. Länsisiiven liitostekniikka on hieman hämäränpeitossa, koska liitokset on koteloitu. Länsipääty edustaa mataluutensa, muutaman säilyneen vuoliaisen sekä harjalle asti salvoitun pohjoispäädyn tehtyjen päätelmien mukaan rakennusrunko vanhinta työstötekniikkaa.

Tupakeittiö-kehikon salvokset ja kolot puolestaan saattavat merkitä sitä, että tupakehikko on alunperin ollut osa jotain isompaa rakennusta, josta se on purettu erilleen.

On myös mahdollista, että tupakehikko osaa on kavennettu, jolloin se on molemmista päistään kahden hirren paksuuden verran kapeampi kuin sen alkuperäinen versio on ollut. Keskirunko on lyhytnurkkainen ja senkin rakenne vaikuttaa siltä että se on alunperin mahdollisesti ollut osa jotain isompaa rakennuskokonaisuutta.

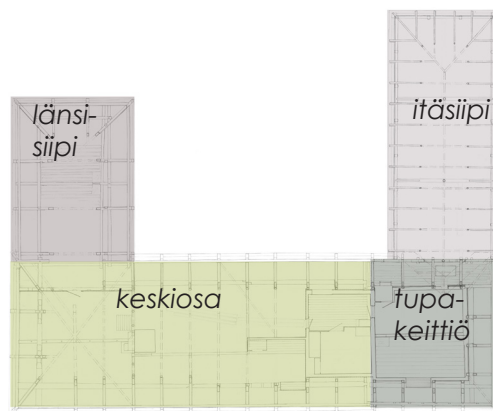
Järvenpuoleinen pitkänurkkainen itäsiipi on selkeästi rakennuksen nuorin osa. Sen hirret eivät vielä ole harmaantuneet samoissa määrin kuin aiempien osien. Ja lisäksi sen sokkeli loppuu 40 cm alemmaksi kuin rakennuksen muun osan, joka kertoo ehkä sokkelikivien kesken loppumisesta.

Tänä päivänä kartano toimii leirintäalueen kahvila-ravintolana. Yhtenäisen julkisivun sekä kattopinnan ansiosta siitä on lähes mahdoton ulospäin nähdä kuinka sen kantava runko on rakentunut erilaisten rakennusten osista aikojen saatossa.¹

1 Vähätalo, 2006



Vanhankylän kartano Järvenpäässä



Pohjapiirroksesta näkyy, miten rakennuksen runko koostuu neljästä erilaisesta hirsirungosta



Rakennuksen vintillä on hirsirunkojen liittymäkohdat helposti havaittavissa. uokasalin ja upakeittiön liitoskohta sisäänkäyntijulkisivulla.

3.3.11 Purkaminen

Rakennuksen purkamiseen voidaan päätyä hyvin eri syistä. Purkutyön ei tulisi olla kiireinen puhdistusoperaatio, vaan harkittu ja hyödyllinen toimenpide. Etenkin vanha rakennus saattaa sisältää runsaasti teknistä sekä kulttuurihistoriallista tietoa, joka kannattaa tutkia ja tallentaa huolellisesti purkutyön yhteydessä.¹

Kiertotalouden periaatteiden mukaan purettu rakennus tulisi päätyä osaksi uutta rakennusta joko kokonaisuutena runkona tai erillisinä rakennusosina joko muokattuina tai sellaisenaan. Tähän asti näin on tapahtunut useimmiten hirsitalojen suhteen. Näihin ratkaisuihin päädyttiin todennäköisesti pääasiassa taloudellisista tai työmäärää vähentävistä syistä, ei niinkään kierrätys ajatuksesta johtuen. Koska materiaali oli hankalasti saatavissa ja johti lukuisiin työtunteihin, tuntui varmasti luontevalta ratkaisulta käyttää vanhat osat uudelleen. Näistä rakennusosien uudelleenkäytön periaatteista hyvinä esimerkkeinä ovat mm. Karkun kirkko Sastamalassa, Vanhankylän kartano Järvenpäässä

¹ Kaila & Härö, 1976

”Korjauskelpoisen rakennuksen purkaminen on ihmisen luomien taloudellisten ja henkisten arvojen turhaa tuhlausta” toteaa Maire Mattinen Rakennettu kestämaan - julkaisun artikkelissaan.² Purkaminen täytyy kuitenkin puntaroida tapauskohtaisesti. Jos vanha rakennus on täysin käyttökelvoton tai esimerkiksi muuttotappiopaikkakunnalla eikä rakennukselle enää ole käyttäjiä, on purkamisenkin varteenotettava vaihtoehto.

Teollistumisen jälkeen purkujäte on nähty pitkään pelkkänä kaatopaikkajätteenä ja vasta viime vuosina on uudelleen herätty siihen, että rakennusosat voisi erotella toisistaan ja mahdollisesti käyttää uudelleen. Parhaaseen kierrätysasteeseen päästäksemme tulisi rakennuksen purkaminen ottaa huomioon jo rakennuksen suunnittelussa. Purkuvaihe voitaisiin näin ollen suunnitella valmiiksi esimerkiksi teräksen helpompana eroteltavuutena tai erilaisten purkua helpottavien liitososien myötä. Keskustelua siitä, miten tällainen erottelu olisi helpointa toteuttaa, tulisi käydä myös purkamiseen erikoistuneiden yritysten kanssa jo projek-

² Mattinen, 2003

tin alkumetreillä. Helpompi eroteltavuus auttaisi saamaan rakennuksiin sitoutuneista materiaaleista enemmän arvoa myös rakennuksen elinkaaren päässä. Pelkkien raaka-aineiden eroteltavuuden ja käsittelykustannuksissa saavutettujen säästöjen lisäksi myös kokonaisten elementtien uusiokäyttö helpottuisi. Yksi vaihtoehto purkuvaiheen kehittämiseksi olisivat myös erilaiset modulaarisuuteen liittyvät ratkaisut ja tekniikka. Modulaarisuuden kehittäminen ei tukisi ainoastaan purkuvaihetta vaan loisi pidemmällä aikavälillä kustannussäästöjä myös rakennusyriyksille. Jos purkamisvaihe helpottuisi teknisesti tai muuttuisi jopa kannattavaksi liiketoiminnaksi paremman suunnittelun ansiosta, voisi myös rakentajille syntyä lisää liiketoimintaa itse purkuvaiheen ympärille.³

³ Arponen et al. 2014

3.3.12 Loppusijoitus

Suomen ulkopuolella käytävä keskustelu ja tulevat poliittiset päätökset luovat epävarmuutta puun hyödyntämiseen etenkin energialähteenä. On nähtävissä kolme trendiä, jotka sotivat puun energiakäyttöä vastaan:

Kaikki polttaminen on pahasta. Tämän ajattelutavan mukaan vain aurinko ja tuuli ovat oikeita uusiutuvia energialähteitä – mitään ei saisi polteta. Ajatellaan myös että puiden kasvattaminen vie maa-alaa muilta tärkeämmiltä toiminnoilta, kuten ruoan tuottamiselta tai luonnon monimuotoisuudelta. Poltettaessa puuhun varastoitunut hiilidioksidi vapautuu välittömästi. Uuden puun kasvaminen ja hiilen sitoutuminen kestää vuosikymmeniä, näin ollen puuta polttamalla syntyy hiilivelka.

Meneillään oleva väentö EU:n kestävyyskriteereistä kiinteälle biomassalle on vain esimakua tulevaisuuden haasteista. Keskustelu biomassan hiilineutraalisuudesta on nousemassa. Ilmaston lämpeneminen tulee muuttamaan puun kasvatusta ja metsänhoitoa jonkin verran, mm. kasvukauden pitenemisellä ja routakauden lyhenemisellä. Nämä ovat haasteita mutta toisaalta taas

avaavat uusia mahdollisuuksia, esimerkiksi metsäkoneteollisuudelle. Strategisella energiateknologiasuunnitelmalla ”Kohti vähähiilistä tulevaisuutta” (SET Plan, 2007) pyritään nopeuttamaan kustannustehokkaiden ja vähähiilisten teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa EU:n tasolla.¹

Puutuoteteollisuudella on merkittävä osa biotalouden ja sen kilpailukyvyn kehittäjänä, tämä edellyttää myös digitalisaation ja cleantechin tarjoamien mahdollisuuksien ymmärtämistä sekä tehokasta hyödyntämistä.²

Puutuoteteollisuudella on tulevaisuudessa tärkeä rooli raaka-aineen tuottajana ja/tai muiden tuottajien sivutuotevirtojen jalostajana sekä uusien biotuotteiden hyödyntäjänä. Tässä muutoksessa tärkeään rooliin nousevat teolliset symbioosit sekä klusterit. Eli uusiutuvan puukuituteollisuuden ympärille syntyvät uudet arvoketjut ja liiketoiminnot. Puutuoteteollisuudella on myös tärkeä rooli puun käytön elinkaari-vaikutusten ja -kustannusten todentamisessa

ja ympäristöselosteiden laatimisessa, sekä puutuotteiden kierrätettävyyden ja kierrätysjärjestelmien kehittämisessä. Näitä ovat muun muassa puhtaat teknologiat (cleantech) ja niitä hyödyntävät tuote- ja prosessiratkaisut³

Näiden tavoitteiden täyttämiseksi on puutuoteteollisuuden tavoitteena parantaa puun tuoteominaisuuksia nykyisillä käyttöalueilla sekä laajentaa puun käyttöä uusille käyttösovellusalueille. Muutos saadaan aikaan kehittämällä puun sään- ja palonkestoa, biologista kestävyyttä ja käyttöikää sekä visuaalisia ominaisuuksia. Tavoitteena on luoda perustaa puumateriaalin monipuolisemmalle käytölle, uusille tuotteille ja palveluille siten, että yrityskohtainen jatkokehitys on mahdollisimman tehokasta.⁴

1 Härmälä, 2013
2 Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda, 2015

3 ibid.
4 ibid.



4. KIERTOTALOUDEN TOTEUTUMINEN TULEVAISUUDESSA

Tarkasteltaessa vanhoja kestäviä asuinrakennuksia, jotka vieläkin ovat asuin- tai julkisessa käytössä, on yksi määräävä tekijä näille rakennuksille ollut kaupunkirakenteen säilyvyys ja ennen kaikkea talotyyppien suhde siihen. Hyviä esimerkkejä tästä ovat Porvoon vanha kaupunki, vanha Rauma tai vaikka Helsingin Jugend-keskusta. Osaltaan säilyttävänä tekijänä on ollut omaleimainen kaupunkirakenne sekä rakennustaiteellinen laatu, jonka ihmiset ovat kokeneet yli sukupolvien jollain tavalla merkitykselliseksi ja ennenkaikkea omakseen. Toisaalta esimerkiksi asuntorakenne ei säily samalla tavalla kuin museaalisessa mielessä, jollei se pysty mukautumaan tarpeiden muutoksiin. Eri laisten talotyyppien tulisi sisältää sellaisia tilallisia ja arkkitehtonisia ominaisuuksia, että niissä on mahdollista elää niin nykypäivän kuin tulevaisuuden tarpeiden mukaan. Teknologia nähdäänkin usein ratkaisuna asumisen kehitykseen, tulevaisuuden tarpeita hahmottaessa. Tulevaisuutta pyritään määrittämään usein teknisen kehityksen kautta, teknologia kuitenkin vanhenee hyvin nopeasti ja sen uusintaminen on usein

työlästä ja vaikeaa. Etenkin jos teknologiset ratkaisut eivät tue tilallisia ratkaisuja tai ne nähdään jotenkin tilallisten ratkaisujen kehittämisen vaihtoehtona, ajaututaan helposti toteutuksiin, jotka eivät välttämättä kestä aikaa. Rakennustaiteellista laatua voidaan pitää vanhoja esimerkkejä tutkittaessa paljon merkityksellisempinä kuin tehtyjä teknisiä ratkaisuja.

Uudet tuotannon ja liiketoiminnan arvoketjut ja klusterit mahdollistavat innovatiivisten tuote- ja palvelukonseptien käyttöönoton. Palvelun merkitys osana tuotetta kasvaa ja näiden yhdessä tarjoaminen edellyttää uusia toimintatapoja sekä toimijoiden tiivistä verkostoitumista. Palvelujen tarjoaminen vaatii puutuotealan toimijoilta arvoketjuajattelua sekä asiakaslähtöisen arvon luomisen sisäistämistä osaksi liiketoimintaansa. Esimerkiksi rakentamisen arvoketjuissa väljällostavan teollisuuden on kehityttävä tuoteosatoimittajaksi, joka suunnittelun lisäksi valmistaa sekä asentaa valmiita osakokonaisuuksia.¹

Tulevan vuosisadan kestävät raken-

¹ Puutuoteallisuuden tutkimusagenda, 2015

nukset koostuvat suurelta osin jo rakennetusta, jo olemassa olevasta ympäristöstä jota opimme pitämään kunnossa kohtuullisin voimavaroin. Tämän ohella opimme toivottavasti rakentamaan myös entistä pitkäikäisempää, monikäyttöisempää, muunneltavampaa ja terveempää rakennuskantaa joka palvelee meitä pitkään. Kun käyttöiän päätepiste koittaa, tulisi rakennus voida purkaa suunnitelmallisesti uudelleen käytettäviin tai raaka-aineiksi sopiviin osiin, jotta kerran hankittu materiaali ei menisi hukkaan. Vanhalla kansalla oli osaamista tähänkin, koska ei ollut varaa tuhlaata. Talot olivat hirrestä ja ne voitiin kohtalaisen helposti purkaa osiin. Rakennukset itsessään eivät välttämättä olleet pitkäikäisiä, mutta niiden osat olivat.

Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät (Haastattelututkimus Appu Haapio, VTT) väliraportin mukaan suurimmat haasteet puuteollisuuden eteenpäin viennissä ovat kilpailukyky ja imago. Etenkin sahateollisuuden nykytilanne huolestuttaa. Raaka-aineen saatavuus ja tuotemarkkinoiden epävarmuus asettavat haasteita. Uudistumista jarruttavat rakenteet sekä perin-

teiset toimintatavat herättävät keskustelua. Alalle kaivattaisiin myös innovatiivisia pk-yrityksiä.²

Puutuoteteollisuuden eri osapuolet ovat luoneet Tutkimus 2025 -agendan, joka linkittyy kansalliseen biotalousstrategiaan. Lisäksi agenda suuntautuu hallituksen strategisessa ohjelmassa määriteltyihin kärkihankkeisiin. Tällaisia hankkeita ovat muun muassa tutkimus- ja kehitystoiminnan vauhdittaminen uusien tuotteiden synnyttämiseksi, mekaanisen metsäteollisuuden edistäminen, puun käytön lisääminen rakentamisessa, digitalisoituminen sekä kiertotalouden toteuttaminen.³

Suomeen tarvitaan yrityksiä, jotka jatkajalostavat puuta erilaisiksi rakentamisen tuotteiksi, jotta rakennusliikkeillä on riittävästi valinnanvaraa. Muussa tapauksessa ajaudumme väistämättä tilanteeseen, jossa Suomesta viedään bulkkisahatavaraa ulkomaille ja ostetaan korkean jalostusasteen komponentteja rakennusteollisuuden tarpeisiin. Strateginen johtaja Sixten Sunabacka

² ibid.

³ Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda, 2015

työ- ja elinkeinoministeriöstä uskoo, että teollinen puurakentaminen tulee vahvasti kasvamaan Suomessa. Hänen näkemyksenä mukaan rakennusliikkeiden ylin johto suhtautuu suurin odotuksin puurakentamiseen ja sen tuomiin mahdollisuuksiin. Sunabacka peräänkuuluttaa puualan ja rakentajien välistä yhteistyötä sekä puurakentamista tukevia tutkimushankkeita.⁴

Tällainen muutos muuttaa radikaalisti koko rakennuskulttuuriamme kun työn teko siirtyy ulkoa sisälle. Tällöin rakentamisen laatu pysyy parempana kun työ voidaan lämpimässä ja kuivassa, ulko työmaan sijaan. Myös rakennustyömaiden sivuvirtojen hyötykäyttö paranee, kun materiaalit eivät seiso ulkona säiden armoilla vaan voidaan suoraan hyötykäyttää esim. samassa tilassa tai samalla alueella toimivan klusteriyrityksen hyödyksi.

Energiansäästö ja energian sekä raaka-aineiden tehokas hyödyntäminen ovat puutuoteteollisuuden prosessien kehityksen vauhdittajia. Bioenergian ja biojalostamon integrointi puutuoteteollisuuden arvoket-

⁴ Laukkanen, 2013

juun tarjoaa houkuttelevia mahdollisuuksia liiketoiminnan laajentamiseen. Energian tuotanto tuo puutuoteteollisuudelle uusia ansaintamahdollisuuksia. Bioenergian tuotannon raaka-ainetarve kasvaa myös EU:n asettamien tavoitteiden seurauksena ja kilpailu puusta lisääntyy. Energian ja raaka-aineiden säästämiseen keskitytään jatkossa yhä enemmän. Tavoitteena on hyödyntää Suomen metsien kasvu ja puun ominaisuudet niin, että asiakkaalle ja kuluttajalle sekä kaikille klusterin jäsenille syntyy mahdollisimman suurta lisäarvoa.⁵

Sunabacka toivoo vientimaiden olevan myös näistä kiinnostunut. Rakentajien ja puualan tulisi yhteistyössä kehittää rakentamisen järjestelmiä toimiviksi. Puurakentamisen konkreettiset edut tulee selvittää; mitkä parantavat kilpailukykyä, rakentamisen laatua, estetiikkaa ja materiaalitehokkuutta. Puurakentamisen kokonaisvaltainen kilpailukyky tulee lyhyemmästä rakennusajasta, tämä olisi syytä huomioida rakentamisen laskentamallissa paremmin.⁶

⁵ Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda, 2015

⁶ Laukkanen, 2013

Myös Kasalin mukaan puualan olisi panostettava enemmän tutkimus- ja kehitystyöhön. Markkinat kaipaavat uudentyyppisiä esivalmistettuja rakenneratkaisuja. Puun ja muiden materiaalien hybrideissä on suuri kasvun potentiaali, samoin eristysratkaisuissa. Luonnonkuitueristeillä on vain 5 %:n markkinaosuus. Puukuituihin ja muihin kasvipohjaisiin materiaaleihin pohjautuville uusille eristetekniikoille oli markkinoilla tilaa.⁷

Puun käytön lisääminen rakennus- alalla edellyttää jatkossakin puolueetonta argumentointia sekä kattavaa tutkimustietoa, esimerkiksi puumateriaalin eduista sekä puurakentamisen taloudellisuudesta. Tärkeää on myös rakennuttajien tiedon lisääminen puun käytöstä. Tietoa tulee tuottaa niin ammattilaisille kuin kuluttajillekin. Tulee panostaa niin alan yhteiseen kehitys ja edunvalvontatoimintaan, menekinedistämiseen kuin kuluttajamarkkinointiinkin. Onnistuneet esimerkit ja puun käytön näkyvä lisääminen edesauttavat näihin tavoitteisiin pääsyä. Puurakentamisen kilpailukyky tu-

lee osoittaa käytännössä, johon voidaan vaikuttaa vaikuttamalla normitukseen. Puun käytön lisääminen vaatii pitkäjänteistä työtä, myös vaikuttaminen poliittisiin päättäjiin ja kaavoittajiin on tärkeää. Lisäksi tulee kehittää valmiimpia tuotteita ja tuoteratkaisuja niin omatoimiseen kuin ammattimaiseen rakentamiseenkin. Ratkaisuja kaivataan muuhunkin kuin kerrostalojen runkoihin. Tulisi panostaa sisustusratkaisuihin, verhousmateriaaleihin, julkisivuratkaisuihin sekä korjausrakentamisen erikoistuotteisiin. Ratkaisujen kehittämisen tulisi olla asiakaslähtöistä, tuotteiden ja tuoteratkaisujen laadukkaita, designia unohtamatta. Lisäksi tulisi kehittää puurakenteiden kunnossapito- ja korjausohjeita. Esimerkiksi paloturvallisuuteen ja sisäilmaan liittyvät kysymykset tulee hallita, kuten myös omaksua elinkaari- ajattelu aina raaka-aineesta, valmistukseen, huoltoon ja palveluihin sekä hävittämiseen asti. Puun elinkaaren tuntemus luo pohjan elinkaaren hallintaan liittyvien palveluiden tuottamiselle.

Palveluita lisäämällä lisääntyisi myös kulutus. Tarjottavia palveluita voisivat olla

mm. huolto, uudelleenmaalaus, asumis- viihtyvyyteen vaikuttavat tekijät sekä rakennuksen uudistamiseen ja korjaamiseen liittyvät palvelut. Lisäksi voisi tarjota ratkaisu- palveluja: miten lisätä asiakasarvoa lopputuotteeseen, myös tuotteiden älykkäisiin rakenteisiin yhdistetyt palveluinnovaatiot voisivat lisätä puun käyttöä. Yhteistyötä alan sisällä ja muiden alojen kanssa on lisättävä. Sekarakenteiden käyttö saattaisi lisätä myös puun käyttöä, samoin infrarakentaminen. Unohtamatta kansainvälisiä markkinoita.⁸asumistarpeiden tyydyttämiseksi olisi oikeastaan välttämätöntä.⁹

7 Frondelius, 2013

8 Haapio, 2013
9 Arponen et al., 2014

Onko puuteollisuuden ja puurakentamisen kehittäminen ekologisempaan ja kestävämpään suuntaan (esimerkiksi kiertotalouden keinoin) mielestäsi tärkeää? Ja millä tavoin?

Vastaajien mukaan lopputuotteen tai sivuvirtojen arvon noustessa myös lopputuotteen kierrätyksen arvo nousisi, jolloin motivaatio kierrättämiseen lisääntyisi. Sivuvirtojen hyödyntämisen tulisi olla taloudellisesti kannattavaa, ei pelkästään kiertäysfilosofia. Myös yleinen asennemuutos puurakentamista kohtaan olisi toivottavaa ja puurakentamisen markkinointia ja tunnettuutta olisi tehostettava.

Rakentamismääräyksiin puuttui useampi vastaaja. Heidän mielestään nykyään suositaan riskialtiita monikerroksisia rakenteita, jotka eivät hengitä ja puurakentamisen palomääräyksiä tulisi myös keventää, jolloin olisi mahdollista päästä samalle viivalle be-

tonirakentamisen kanssa.

Määräykset tulisi ottaa käsittelyyn jo EU-tasolla sekä painottaa niiden niiden kansalliseen soveltamiseen. Puurakentamisen mm. puukerrostalojen määrä olisi saatava vähintään muun Skandinavian tasolle. Lisäksi puurakentamisessa tulisi suosia vain puuta materiaalia, eikä korvata tai suojata puuta esimerkiksi MDF:llä tai kipsilevyllä. Myös puukuitueristeiden tai puhtaan sahanpurun käyttöä tulisi lisätä.

Arkkitehtuuri ja suunnittelu ovat puurakentamisessa tärkeimpiä. Arkkitehtien ja muiden suunnittelijoiden ammattitaidon kehittäminen olisi avainasemassa jotta osattaisiin laajemminkin suunnitella kustannus- ja energiatehokkaita puurakennuksia. Alan ammattilaisia puuttuu paljon.

Myös kuljetusten suureen määrään sekä pitkiin kuljetusmatkoihin tulisi vaikuttaa, ideaa miten tämä toteutuisi ei vielä ole keksitty, mutta päästöjä olisi karsittava

myös kuljetusten saralla.

Suurin osa vastanneista tuotantolaitoksista tuottaa energiansa itse, joten heidän mielestään olisi motivoivaa luoda sähkötariffi teollisuuden sivuvirroille tai jopa korvaus yritykselle joka tuottaa energiaa yleiseen verkkoon. Näin voisi vähentää esimerkiksi kivihiiilestä aiheutuvia päästöjä ja samalla tuotantolaitokset saisivat motivaatiota tuottaa energiaa myös yleiseen verkkoon, uusiutuvista sivuvirroistaan.

Pääasiallinen viesti puuteollisuuden yrityksillä oli että puurakentamisen osuutta olisi lisättävä entisestään. Puurakentamista olisi tuettava tehokkaammin jo säännöspohjalta sekä kunnallisella tasolla. Myös uusia innovaatioita kaivataan, niin sivuvirtojen uusiin innovaatioihin, tuotannon tehostamiseen kuin myös tuotantokoneiston joustavuuteen, jolloin ei oltaisi niin sidottuja tiettyihin mittastandardeihin ja tuotteisiin.

4.1 .1 Yhteiskunnan ja päättäjien vastuu kiertotalouden toteutumisen edistämisessä

Korjaustyön kilpailukykyä heikensi vuonna 1994 käyttöön otettu arvonalisävero (ALV). Arvonalisävero nostaa korjaustyön hintaa korkeammaksi suhteessa uusien rakennusosien asentamiseen. Energian ja raaka-aineiden käyttö lisäävät ympäristön kuormitusta, kun työ puolestaan on kokonaan uusiutuva ja myrkytön luonnonvara, jota nyt kartetaan virheellisen taloudellisen ohjauksen vuoksi. Nykyinen verotus- ja talousjärjestelmä on vahvasti kestävän kehityksen vastaisia ohjatesaan voimakkaasti materiaaliseen kulu- tukseen työn ja palvelujen sijasta.

Asuinkiinteistöjen kohdalla sääntely aiheuttaa resurssien käytön näkökulmas- ta merkittävää tehottomuutta. Asuntojen keskineliömäärien asettamisen vaikutuksia tulisi analysoida myös ekologisuuden ja resurssien käytön kannalta. Moni rakenta- mista koskeva säännös nostaa rakennuskus- tannuksia ja aiheuttaa tehotonta tilankäyttöä kustannussäästöjen sijaan. Suurten asunto- jen tuotannon tukeminen kysynnän vastai- sesti käytännössä laskee neliöiden tuottopo- tentiaalia ja kuluttaa enemmän raaka-aineita

ja muita resursseja kuin asumistarpeiden tyydyttämiseksi olisi oikeastaan välttämä- töntä.¹

Rakennuskannan käyttöikään vaikut- taa ehkä voimakkaimmin se, hyväksytään- kö oleva rakenne kaavoituksella pysyväksi osaksi kaupunkirakennetta vai halutaanko tilalle jotain muuta? Vain säilyttävä kaava voi edistää pitkän käyttöiän toteutumista. Kaavojen käyttötarkoituseräysten tulisi myös joustaa niin, että monikäyttöisiä ra- kennusrunkoja voidaan hyödyntää uusiin tarkoituksiin ilman suurta hallinnollista kit- kaa.²

EU:n jätelainsäädäntö on rakennettu suojelemaan ihmisten terveyttä ja ympäris- töä erilaisten jättemateriaalien aiheuttamilta vaaroilta. Kuitenkin resurssitehokkuuden edistäminen näille tasavertaisena, rinnak- kaisena tavoitteena on korostunut viime vuosina. Samalla kun uusi jätelainsäädäntö asettaa tavoitteita ja vaatimuksia jätteiden hyötykäytön edistämiseksi, kemikaalilain-

säädännössä luonteenomaisesti varmiste- taan erilaisilla hallinnollisilla säännöksillä ja lupamenettelyillä, ettei kemiallisten ai- neiden käsittelystä aiheutuisi vaaraa ym- päristölle tai ihmisten terveydelle. Toisaal- ta kierrätetystä biomateriaalista tiettyyn käyttötarkoitukseen valmistetun tuotteen tulisi täyttää tuotekohtaisessa erityislainsää- dännössä, kuten lannoitelainsäädännössä, säädetyt laatu- ja turvallisuusvaatimukset. Kemikaalilainsäädännössä puolestaan py- ritään tehokkaaseen terveyden- ja ympä- ristönsuojeluun kemikaalien turvallisuutta koskevien hallinnollisten prosessien kaut- ta, mutta toisaalta samalla tavoitteena on kemianteollisuuden kilpailukykyyn ja inno- vaatioiden lisääminen. Näistä useiden eri tahojen tavoitteista muodostuu monimut- kainen verkosto, jonka ristiriitaisuutta ei voida eikä ole tarkoituksenmukaistakaan kokonaan poistaa. Näin ollen muodostuu tilanteita, joissa joudutaan punnitsemaan ja yhteensovittamaan edellä kuvattuja keske- nään erisuuntaisia tavoitteita. Ihmisten ter- veyden ja ympäristön suojelemisen kannalta

¹ Arponen et al., 2014
² Osara, 2003

varmin ratkaisu ei ole välttämättä kokonais-kestävyyttä arvioitaessa paras ratkaisu, mikäli se esimerkiksi estää käyttökelpoisen materiaalin uudelleen käytön. Tällaiset varovaiset ratkaisut saattavat aiheuttaa esimerkiksi turhia kasvihuonekaasupäästöjä ja hyödynnettävän materiaalin sijaan käytettävän vaihtoehtoisen raaka-aineen hankinnasta aiheutuvaa ympäristökuormitusta. Hallinnollisia pullonkauloja biotaloutteen muodostuu esimerkiksi silloin, kun turvallisiksi todetun kierrätetyn biomateriaalien markkinoille saattamista estävät tämän määrittelyminen jätteeksi tai markkinoille saattamiselta kategorisesti tuotteen ominaisuuksista tai käyttötarkoituksesta riippumatta edellytettävät kalliit ja aikaavievät turvallisuustutkimukset. Materiaalien hyödyntämiseen perustuvaa kiertobiotaloutta voidaan edistää esimerkiksi säätämällä kemikaali- ja tuotelainsäädäntöön erityisiä kevennettyjä hallinnollisia menettelyitä uusiokäyttöön tulevia materiaaleja koskien. Itse jäte-, tuote- ja kemikaalilainsäädännön velvoitteiden lisäksi biotalouden edistymisen kannalta on

keskeistä myös näitä koskeviin hallinnollisiin menettelyihin liittyvä ennakoitavuus. Esimerkiksi uutta biojalostamohanketta suunniteltaessa on tärkeää tietää, mitä siinä syntyvistä sivuvirroista voidaan hyödyntää ja miten. Jäte- ja kemikaalilainsäädännössä on tapahtunut paljon muutoksia viime vuosina, mistä syystä esimerkiksi jätteeksi luokiteltavuuden määrittelyä koskevat käytännöt eivät ole vielä ehtineet vakiintua. Tällainen tilanne aiheuttaa vaikeuksia biotalousinvestointien suunnittelulle ja pahimmassa tapauksessa epävarmuus voi jarruttaa tai pysäyttää investointipäätöksiä. Ongelmaan voidaan puuttua yhdenmukaistamalla hallinnollisia käytäntöjä sekä sitä koskevaa neuvontaa. Samalla on kuitenkin muistettava, että myös tapauskohtaista tarkastelua tarvitaan: se, että raaka-aine on kierrätettyä ja biomateriaalia ei pelkästään takaa tuotteen turvallisuutta ihmisten terveydelle tai ympäristölle.³

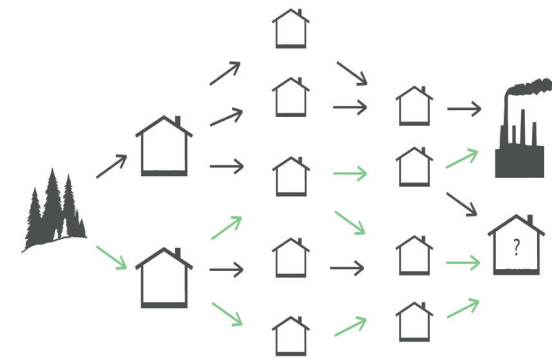
5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kiertotalous on uudenlainen lähestymistapa kestävään kehitykseen, erityisesti maapallon resurssihaasteeseen. Teollistumisen aikakaudella talous on perustunut luonnonvarojen läpivirtaukseen: luonnonvaroista raaka-aineiksi, tuotteiksi ja lopulta jätteeksi, jonka arvo on vähäinen tai jopa negatiivinen. Kiertotalousmallilla kehitetään liiketoimintaa, jossa luonnonvarat kiertävät talouden piirissä pitkään, jopa loputtomasti, ja arvomenetyksen sijaan ne kasvattavat arvoaan.

Koko kiertotalousajattelu on vielä melko aluillaan ja ainakin rakentamisen osalta pitkälti vielä pelkällä teoriatasolla. Ideologisesti olisi hienoa päästä suljetun kierron yhteiskuntaan, mutta tällä hetkellä siihen tarvittavia työkaluja ei vielä tunnu oikein olevan.

Toteutuakseen suljettu kierto edellyttäisi sitä että kaikki materiaalit alun perinkin olisivat mahdollisimman puhtaita, laadukkaita sekä kestäväen kehityksen mukaisia. Samoin itse rakennusten tulisi olla pieteetillä ja ammattitaidolla rakennettuja ja olla jo alunalkaenkin suunniteltuja noudattamaan kiertotalouden periaatteita.

Määräykset ja säännökset kiristyvät hiljalleen koko ajan. Nykyisin voimassa olevat määräykset eivät yleensä ole olleet voimassa uudelleenkäytettävän osan valmistushetkellä. Määräykset eivät nykyisellään myöskään tunnista uudelleenkäytettävien rakennusosien olemassaoloa eikä niiden mahdollisia erityispiirteitä. Tämän päivän säädösten mukaan melko pitkälle kaikista rakennusmateriaaleista tulisi tietää tuotteen alkuperä, joka tekee kiertotalouden toteutumisesta melko haasteellista. Jotta tämä määräys toteutuisi tulisi meidän luoda koko rakennusteollisuuden kattava järjestelmä jolla pystytään pitämään kirjaa tuotteen alkuperästä sekä kaikista sen vaiheista rakennusosina kymmenien, ellei satojen vuosien ajan. Saman systeemin tulisi pitää kirjaa myös jokaisessa vaiheessa materiaaliin käytetyistä käsittelyaineista. Esimerkiksi jos puu on toiminut ison hallin pilarina ja ollut tässä roolissaan lakattuna tai muuten käsiteltynä. Jos purettaessa pilari esimerkiksi hiotaan ja sahataan laudoiksi ja laudat saavat uuden elämän esimerkiksi seinäpaneelina, niin tämän toisen elinkaaren jälkeen seuraavan käyttö-



Kiertotalouden toteutuminen nykysäädöksillä edellyttäisi rakennusteollisuutta kehittämään aivan uudenlaisia systeemejä joilla seurata ja pitää kirjaa materiaalin liikkeistä materiaalien eri elinkaarien aikana.

Rakennuksiin käytetään runsaasti erilaisia materiaaleja jotka tulevat eri lähteistä. Elinkaarien aikana pitäisi pystyä pitämään kirjaa mistä materiaali on lähtöisin ja millä aineilla materiaalia on käsitelty. Seuraavassa rakennuksessa puretun rakennuksen osia mahdollisesti täydennetään neitseellisillä tai muualta puretuilla osilla ja jos säädöksemme tuotteen alkuperän ilmoittamisesta on tuolloin vielä voimassa, on meidän pystyttävä pitämään kirjaa näistä materiaalien liikkeistä.

jän tulisi olla tietoinen siitä missä materiaalia on aiemmin käytetty ja miten materiaalia on käsitelty koska tämä saattaa rajoittaa materiaalin käyttöä esimerkiksi saunan kattopaneelina, jona tuote ei ehkä olisi yhtä turvallinen kuin käsittelemättömänä pidetty materiaali.

Lisäksi olisi tärkeää edistää puutavaran laatu- ja lujuusluokitteluja, ja niille olisi hyvä luoda omat kriteeristöt. Neitseellisen puutavaran laatu luokittelu perustuu lähinnä oksaisuuteen sekä materiaalin vikojen olemassaoloon, ja korkeimpien laatu luokkien vaatimukset ovat lähinnä visuaalisia. Tämä laatu luokittelu soveltuu huonosti uudelleen käytettävälle puutavaraalle, muun muassa siksi että puutavara on usein pintakäsiteltyä ja siinä esiintyy vikoja, kuten naulan- ja hyönteisten reikiä sekä porautuneita nauloja, jollaisia uudessa puutavarassa ei esiinny.

Meidän tulisi siis kehittää kattava ja käytännöllinen järjestelmä jolla materiaalin alkuperä, sekä kaikki käyttö vaiheet olisivat helposti jäljitettävissä. Ja koska rakennus on valtava yksikkö erilaisia materiaaleja,

ei tällaisen seurantamekanismin luominen varmastikaan ole aivan yksinkertaista. Sääntelyä tulisi selkeyttää ja yhtenäistää uudelleen käytettävien rakennusosien osalta, jotta luodaan edellytykset mm. kestäväälle liiketoiminnalle.

Jotta kiertotalous ylipäänsä toteutuisi tulisi kaikessa rakentamisessa käyttää mahdollisimman laadukkaita materiaaleja, jotta niiden arvo säilyisi. Tällä hetkellä suuri osa markkinoilla olevasta puumateriaalista on heikkolaatuista ja seistessään 50-100 vuotta rakennuksen osana, huononevat materiaalin ominaisuudet entisestään. Tällöin materiaalin arvo romahtaa, jolloin motivaatio tarkkaan erotteluun, varastointiin ja uudelleenmyyntiin todennäköisesti laskee.

Toinen haaste rakentamisen kiertotalouden toteutumiselle on materiaalien fyysinen kierto. Tähän tarkoitukseen tulisi kehittää todella joustava varastointi- ja kirjanpitojärjestelmä, joka mahdollisesti olisi synkroonissa materiaalin alkuperätietoa ylläpitävään järjestelmään. Rakennuksen purkamisen ja uuden rakennuksen rakentamisen välillä saattaa olla pitkiäkin aikoja,

mutta hankekartoitusta tai viimeistään rakentamisbudjettia laadittaessa tulisi jo tietää mitä ja mistä hankittuja materiaaleja rakentamisessa tullaan käyttämään. Tämä tarkoittaa, että varastossa olevat purkumateriaalit tulisi pystyä korvamerkitsemään ostajan käyttöön jo kuukausia tai jopa vuosia ennen materiaalin ulos ostoa.

Viittasin työssäni useasti perinnerakentamiseen. Entisaikaan tuskin rakennettiin sen paremmin kuin nytkään ja lukuisia taloja onkin poistunut kierrosta, juuri huonon rakentamisen tai huonojen materiaalien vuoksi, mutta olemassa olevat rakennukset kertovat meille, että jotain niissä on tehty oikein ja tästä meidän tulisi ammaentaa tietoutta myös tulevaisuuteen. Entisaikojen rakennustietämyksen ja taidon soveltaminen käytäntöön täydessä mitassa on mahdollista meille vasta, kun rakennusmääräykset mahdollistavat terveiden ja hengittävien puurakennusten rakentamisen, kun metsissä aletaan tietoisesti kasvattaa ja pystytään kannattavasti kasvattamaan kiintokuutioiden sijaan rakentamisen erikoispuuta, ja kun jokainen kuluttaja voi helposti ostaa lähim-

mästä puutavaraliikkeestä tai piensahalta haluamansa mittaista valikoitua, laadukasta puutavaraa.

Nimenomaan puumateriaalimme laatuun panostaminen olisi tärkeää, jos haluamme kestävämpää ja kierrätettävämpää rakentamista. Tulisiko esimerkiksi sellumetsät ja rakennusteollisuusmetsät erotella tulevaisuudessa toisistaan? Jos laadukkaammilla materiaaleilla saisimme rakennusten yhden elinkaaren pitenemään esimerkiksi 120 vuoteen olisi uudella, istutetulla puulla teoriassa 120 vuotta aikaa kasvaa täyteen kokoonsa. Näin saisimme tiheäsisempää sekä laadukkaampaa puuta rakentamiseen. Sellun valmistukseen puolestaan voisimme käyttää nuorempaa ja nopeammin kasvannutta ja ei niin- tiheäsyistä puuta.

Työn edetessä minulle tuli yllätyksenä se kuinka teoreettisella tasolla koko kiertotalousajatus vielä on. Huomasin että työkaluja puuttuu vielä aivan valtavasti sekä tutkimustietoa siitä, miten tavoitteisiin päästäisiin. Sivuvirtojen tehokkaampi hyödyntäminen tuntuu itsestäni tällä hetkellä tehokkaimmalta tehostamiskeinolta, mutta

myös rakennusten muunneltavuus, siirreltävyys sekä osien uudelleenkäyttö vaativat runsaasti lisää tutkimusta sekä uusi innovaatioita. Useat osat Suomesta tyhjenevät vääjäämättömästi ja tämä olisi yksi syy viedä siirreltävien ja väliaikaisten rakennusten kehitystyötä eteenpäin.

Myöskään tutkimus- ja kehitystyön tarve ei ole vähentynyt, päinvastoin kiristytvä kilpailu haastaa yrityksiä ja toimialoja yhä ketterämpiin ja nopeampiin muutoksiin. Asiakkaat vaativat enemmän ja uudet asiakasalat tuovat mukanaan uusia osaamistarpeita. Tämä tarkoittaa myös arvo- ja toimitusketjujen liittymistä saumattomasti yhteen. Alalle tarvitaan uusia toimijoita toimialojen välisiin liitoskohtiin sekä uusia klustereita. Yksi suurimmista puuteollisuuden käyttökohteista on rakentaminen, siksi juuri rakennusallalla puutuoteteollisuuden tulisi tästä eteenpäinkin toimia aktiivisena kehittäjänä sekä aloitteentekijänä, valmiudet uusiin symbiooseihin eivät synny itsestään. Puuteollisuusalan ja suunnittelijoiden on tehtävä valinta, haluavatko he olla aktiivisesti kehittämässä uutta liiketoimintaa, vai

odottaa ja sopeutua muiden tekemiin päätöksiin.

Mielestäni kiertotalouden tulisi tulevaisuudessa olla enemmänkin selkeä toimintamalli kuin pelkkä periaatteellinen näkemys. Näkemys on tässä suhteessa mielestäni jotain sellaista josta voidaan väitellä ja olla eri mieltä, kun puolestaan toimintamallin tulisi sisältää mahdollisimman vähän poikkeavia tulkintoja ja enemmänkin suoraviivaisia hyvään lopputulokseen johtavia toimia.

5. LÄHDEVIITTEET

S. 9 JOHDANTO

1. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
2. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
3. Ayres, R. – Simonis, U. (toim.) Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development. United Nations, University Press, Tokyo, 1994
4. Mikkola Matti, Toimitusjohtaja Puutuoteollisuus, sähköpostiahaastattelu 2017
5. Mattila Lars-Erik. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto Yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, arkkitehtuurin laitos. Espoo, 2014.
6. Pantsar-Kallio Mari. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi

S. 15 - KÄSITTEISTÖÄ

1. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>

s. 16- KIERTOTALOUDEN KÄSITE JA NYKYRAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

1. Rockström J. W., Steffen, K., Noone, Å., Persson, F. S., Chapin, III, E., Lambin, T. M., Lenton, M., Scheffer, C., Folke, H., Schellnhuber, B., Nykvist, C. A., De Wit, T., Hughes, S., van der Leeuw, H., Rodhe, S., Sörlin, P. K., Snyder, R., Costanza, U., Svedin, M., Falkenmark, L., Karlberg, R. W., Corell, V. J., Fabry, J., Hansen, B. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. 2009 Meadows et.al. The limits to growth. ISBN 0-87663-165-0 (verkkoaineisto PDF) New York, 1972 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
2. Hietanen, O., Heinonen, S., Kahilainen, J., Kiiskilä, K., Tapiola, P. & Wilenius, M., Tulevaisuusajattelun haasteita: Tietoyhteiskunta ja kestävä kehitys. Teoksessa: Kamppinen, M., Kuusi, O. & Söderlund, S. (toim.) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Helsinki, 2000.
3. Meadows et.al. The limits to growth. ISBN 0-87663-165-0 (verkkoaineisto PDF) New York, 1972 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
4. Hietanen, O., Heinonen, S., Kahilainen, J., Kiiskilä, K., Tapiola, P. & Wilenius, M., Tulevaisuusajattelun haasteita: Tietoyhteiskunta ja kestävä kehitys. Teoksessa: Kamppinen, M., Kuusi, O. & Söderlund, S. (toim.) Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896. Helsinki, 2000.
5. Denim Chen. The Essence of a Recycling Economy: Circular Utilization of Resources, 2013. (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10042857.2004.106773>
6. De Marco, Ottília - Lagioia, G. - Amicarelli, V. - Sgaramella, A. Constructing Physical Input-Output Tables with Material Flow Analysis (MFA) Data: Bottom-Up Case Studies. Teoksessa: Ecoefficiency in industry and Science, Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology, toim. S. Suh, 161–188. Springer, New York, 2009.
7. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchtey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4

7. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi
8. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchtey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi
9. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchtey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi
10. Komission kertomus Euroopan parlamentille ja neuvostolle jättilatoista annetun asetuksen (EY) N:o 2150/2002 mukaisesti laadituista tilastoista ja niiden laadusta. (verkkoaineisto DOCX) Brysseli 2016. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/files/.../082dbcc558277d4601582986d1550075.docx
11. Mattila Lars-Erik. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto Yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, arkkitehtuurin laitos. Espoo, 2014.
12. Antikainen Maria, Federley Maija, Honkatukia Juha, Kivikytö-Reponen Päivi, Kohl Johanna, Laine-Ylijoki Jutta, Lantto Raija, Seisto Anu, Pajula Tiina. Kiertotalouden keinovalikoima käyttöön, Teknologian tutkimuskeskus VTT. (verkkoaineisto PDF) Espoo, 2016. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>
13. Antikainen Maria, Federley Maija, Honkatukia Juha, Kivikytö-Reponen Päivi, Kohl Johanna, Laine-Ylijoki Jutta, Lantto Raija, Seisto Anu, Pajula Tiina. Kiertotalouden keinovalikoima käyttöön, Teknologian tutkimuskeskus VTT. (verkkoaineisto PDF) Espoo, 2016. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>
14. Lacy Peter, Rutqvist Jakob. Waste to Wealth: Creating Advantage in a Circular Economy. ISBN 101-137-530-685. New York, 2015)
15. Elinkeinoelämän keskusliitto. Syty kierrotaloudesta, yhdessä kasvuun kiinni- raportti. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: https://ek.fi/wp-content/uploads/Syty_kiertotaloudesta_aukeamittain_web.pdf
16. Antikainen Maria, Federley Maija, Honkatukia Juha, Kivikytö-Reponen Päivi, Kohl Johanna, Laine-Ylijoki Jutta, Lantto Raija, Seisto Anu, Pajula Tiina. Kiertotalouden keinovalikoima käyttöön, Teknologian tutkimuskeskus VTT. (verkkoaineisto PDF) Espoo, 2016. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>
17. Ellen MacArthur Foundation. Towards Circular Economy Vol.1. (verkkoaineisto PDF) Isle of Wight, Iso-Britannia, 2013. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-pdf>
18. Ellen MacArthur Foundation. Towards Circular Economy Vol.1. (verkkoaineisto PDF) Isle of Wight, Iso-Britannia, 2013. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-pdf>
19. Ellen MacArthur Foundation. Towards Circular Economy Vol.1. (verkkoaineisto PDF) Isle of Wight, Iso-Britannia, 2013. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-pdf>
20. Ellen MacArthur Foundation. Towards Circular Economy Vol.1. (verkkoaineisto PDF) Isle of Wight, Iso-Britannia, 2013. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-pdf>

s. 22

KIERTOTALOUDEN PERIAATTEITA RAKENNUSTEOLLISUUDESSA

1. Lindstedt, T. ja Junnonen, J.M. Energiatohokkaat ja teolliset korjausrakentamiskäytännöt Suomessa ja kansainvälisesti. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2011. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2011.pdf>.
2. Airaksinen, M. ja Vainio, T. Korjausrakentamisen roadmap. Teoksessa: Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A.P., Reijula, K., Vainio, T. ja Nenonen, S. (toim.) 2011. Rakennetun ympäristön roadmap, loppuraportti 5/2011. (verkkojulkaisu PDF) Helsinki 2011 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/rakennetun_ympariston_roadmap.pdf.
3. Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda 2025. Tutkimuksen painopisteet 2015-2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki 2015 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://puutuoteteollisuus.fi/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteteollisuus-Agenda2025.pdf>
4. Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda 2025. Tutkimuksen painopisteet 2015-2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki 2015 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://puutuoteteollisuus.fi/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteteollisuus-Agenda2025.pdf>
5. Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda 2025. Tutkimuksen painopisteet 2015-2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki 2015 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://puutuoteteollisuus.fi/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteteollisuus-Agenda2025.pdf>
6. Metropolian kestävät ja puhtaat teknologiat -innovaatiokeskittymä. Nettisivu. (vierailtu 01.04.2018) <http://www.metropolia.fi/tutkimus-kehittaminen-ja-innovaatiot/puhtaat-ja-kestavat-ratkaisut/>
7. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestä mään. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
8. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestä mään. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
9. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi
10. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi
11. Mattila Lars-Erik. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto Yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, arkkitehtuurin laitos. Espoo, 2014.

S. 24

KIERTOTALOUDEN TOTEUTUMINEN PUURAKENTAMISESSA

Rakennuksen elinkaari rakentamisen elinkaariarvioinnissa

1. Rakennusteollisuus, Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohdista. (Verkkoaineisto) (vierailtu 01.04.2018) Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>
2. Matti Kuitinen, Alice Ludvig, Gerhard Weiss. Wood in carbon efficient construction. Tools, methods and applications. (verkkoaineisto pdf) Helsinki, 2013. Vierailtu 14.04.2018) https://www.researchgate.net/profile/Atsushi_Takano2/publication/281275478_Wood_in_carbon_efficient_construction_Tools_methods_and_applications/links/55de28fe08ae7983897d1000/Wood-in-carbon-efficient-construction-Tools-methods-and-applications.pdf

S. 26

Rakennusosien ympäristövaikutukset

1. Ruuska Antti, Häkkinen Tarja, Vares Sirje, Korhonen Marja-Riitta ja Myllymaa Tuuli. Ympäristöministeriön raportteja. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia. (verkkoaineisto PDF) Helsinki 2013 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41423/YMra8_2013_Rakennusmateriaalien_ymparistovaikutukset_FINAL.pdf?sequence=2&isAllowed=y

S. 27

Rakennuksen elinkaaren osa-alueet kiertotalouden näkökulmasta

Yleisesti puurakentamisesta

1. Puutuoteteollisuuden tutkimusagenda 2025. Tutkimuksen painopisteet 2015-2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki 2015 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://puutuoteteollisuus.fi/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteteollisuus-Agenda2025.pdf>
2. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestä mään. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
3. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)

s. 28

Ympäristöystävällisen rakentamisen periaatteita

1. Ympäristöministeriö. Kohti vähähiilistä jalkista rakentamista. (Verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2017. (Vierailtu 14.04.2018) Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8F842B04-AA01-4497-8557-E1930B64CE1F%7D/130591>

S.30

Tarveselvitys

1. Seppänen Matti, TTKK arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos. Luentomoniste. Tampere 2005.
2. Puuinfo. Hallin rakennuttaminen, rakennushankkeen toteutus. Verkkoaineisto. (vierailtu 01.04.2018) <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/hallin-rakennuttaminen/rakennuttamisohjewww2.pdf>
3. Seppänen Matti, TTKK arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos. Luentomoniste. Tampere 2005.
4. Rakennustieto. Pientalorakentaminen, tarpeiden selvitys, rakennushankkeen käynnistäminen, tontin ja talotyypin valinta. Verkkoaineisto. (vierailtu 01.04.2018) <https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/pientalot/vaihe1tarpeiden selvitys/rakennushankkeen kaynnistaminen/tontinjalotyypin valinta.html.stx>

S. 31

Hankesuunnittelu

1. Seppänen Matti, TTKK arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos. Luentomoniste. Tampere 2005.
2. Rakennustieto. Talonrakennus hankkeen kulku RT-kortti. RT 10-10387. Helsinki, 2001
3. Puuinfo. Hallin rakennuttaminen, rakennushankkeen toteutus. Nettisivu. (vierailtu 01.04.2018) <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/hallin-rakennuttaminen/rakennuttamisohjewww2.pdf>

4. Mattinen Maire. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
5. Metsälä Harri. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
6. Mattinen Maire. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
7. Antikainen Maria, Federley Maija, Honkatukia Juha, Kivikytö-Reponen Päivi, Kohl Johanna, Laine-Ylijoki Jutta, Lantto Raija, Seisto Anu, Pajula Tiina. Kiertotalouden keinovalikoima käyttöön, Teknologian tutkimuskeskus VTT. (verkkoaineisto PDF) Espoo, 2016. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>
8. Antikainen Maria, Federley Maija, Honkatukia Juha, Kivikytö-Reponen Päivi, Kohl Johanna, Laine-Ylijoki Jutta, Lantto Raija, Seisto Anu, Pajula Tiina. Kiertotalouden keinovalikoima käyttöön, Teknologian tutkimuskeskus VTT. (verkkoaineisto PDF) Espoo, 2016. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>
9. Rakennusteollisuus, Rakennuksen elinkaari kestävä rakentamisen lähtökohdana. Verkkoaineisto. (vierailtu 01.04.2018) <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

s. 34

Rakennussuunnittelu

1. Mattila Lars-Erik. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto Yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, arkkitehtuurin laitos. Espoo, 2014. s. 80
2. Työtehoseura. Ekotoimiva koti. Nettisivu. (vierailtu 01.04.2018) <http://www.ekotoimivakoti.fi/suunnitteluohjeet/kohti-ekotoimivaa-kotia/suunnitteluprosessi>
3. Työtehoseura. Ekotoimiva koti. Nettisivu. (vierailtu 01.04.2018) <http://www.ekotoimivakoti.fi/suunnitteluohjeet/kohti-ekotoimivaa-kotia/suunnitteluprosessi>

s. 35

TERIJOEN HUUILAT

1. Kervinen Ulla. Rakennuskulttuurin ja kulttuurimaiseman tausta ja säilyminen Järvenpäässä. s.113. ISBN 951-99958-3-8. Järvenpää, 1988.

s. 36

Materiaalihakinta

1. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
2. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
3. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
4. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
5. Santavuori Susanna. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Raken nettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
6. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
7. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
8. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
9. Kupila Sanna, Suna Eija, Viitaharju Johanna. (toim. Söderström Marita) Riitmotti ja sapluuna. Turku: Turun museokeskuksen julkaisuja 59, 2012. s. 219. ISBN 978-951-595-161-8
10. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)

11. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)
12. Roadmap 2010. CEI-Bois – European Confederation of Woodworking Industries European Confederation of Woodworking Industries (verkkoaineisto PDF) Brysseli, 2010. (viitattu 01.04.2018)
13. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)
14. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)
15. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)
16. Luonnonvarakeskus. Vihreä biotalous, 100-vuotiaan suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta. (verkkoaineisto PDF) ISBN: 978-952-326-308-6. Helsinki, 2016 (viitattu 01.04.2018)
17. Metsäteollisuus ry. Metsäteollisuuden tietopalvelut. (Verkkoaineisto) Helsinki, 2013 (Vierailtu 12.4.2018) <http://www.metsateollisuus.fi/tietopalvelu/Sivut/default.aspx>
18. Verkasalo, E., Sipilä, M., Luostarinen, K., Kärki, T. Properties of domestic birch, aspen and alder and their utilisation in mechanical wood processing. Department of Forest Sciences. Espoo, 2002. s. 229
19. Metsäteollisuus ry. Metsäteollisuuden tietopalvelut. (Verkkoaineisto) Helsinki, 2013 (Vierailtu 12.4.2018) <http://www.metsateollisuus.fi/tietopalvelu/Sivut/default.aspx>
20. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. Tutkimuksen painopisteet 2015-2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki 2015 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
21. Tissari Jarkko. Puun polton pienhiukkaset ja päästöjen vähentäminen. Itä-Suomen Yliopisto. (Verkkoaineisto PDF) Kuopio, 2017. (Vierailtu: 10.04.2018) Saatavissa: <https://tsy.fi/wp-content/uploads/2017/02/Puunpolton-pienhiukkaset-ja-niiden-v%C3%A4hent%C3%A4minen-Jarkko-Tissari.pdf>

s. 44

Varpulan kartano

1. Varpulan luomutila. Verkkoaineisto. Vierailtu 28.03.2018 Saatavissa: <http://www.varpula.fi>

s. 45

Materiaalin kuljetukset rakennuspaikalle

1. Metsälä Harri. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
2. Airaksela Mika. Rakennuslehti. Puukerrostalo tulee betonitaloa kalliimmaksi – tappiotyöt karkotta neet rakentajia. (Verkkoaineisto) 2016 (Vierailtu 10.04.2018) Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2016/11/puukerrostalo-tulee-betonitaloa-kalliimmaksi-tappioiden-pelko-karkottaa-rakentajia/>

s. 46

Rakentamisvaihe

1. Ympäristöministeriö. (toim. Peuranen Else, Hakaste Harri) YMra 17/2014 Rakentamisen materiaalite hokkuuden edistämishjelma. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf?sequence=2
2. Mattinen Maire. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
3. Mattinen Maire. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
4. TrVM 2013, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan mietintö 2013: Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. TrVM 1/2013 vp – M 5/2013.
5. Anderson, R. C. Foreword. In Robert, K. H. The Natural Step story: Seeding a quiet revolution. Canada: New Society Publishers, 2002
6. Hawken, P. The Ecology of Commerce – A Declaration of Sustainability (Revised Edition). New York: Harper Business, 2010
7. Graham, P. Building Ecology: First principles for a sustainable built environment. Oxford: Blackwell

8. Publishing, 2003.
Lindh Tommi. Aluerakentamisen arkkitehtuuri ilmastomuutosta hillitsemässä. MFA:n verkkojulkaisu kesä-syysy 2013. (viitattu 01.04.2018) Helsinki, 2013. Saatavissa: https://issuu.com/arkkitehtuurimu seo_mfa/docs/mfa_magazine_2013
9. Laukkanen, M. Puurakentamisen merkittävä puute poistuu: Alalle vihdoin yhtenäinen avoin standardi 2012. Verkkosivusto. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puuraken tamisen-merkittava-puutepoistuu-alalle-vihdoin-yhtenainen-avoin-standardi>.

s. 49 Perustukset

1. Riuttamäki Juha-Pekka. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

s. 50 Kantava runko

1. Riuttamäki Juha-Pekka. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
2. Huuhka, Satu, Köliö, A., Annala, P., & Poti, A. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. (Muut tuva rakennettu ympäristö; Nro 4), (Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165). Tampere: Tampere University of Technology, 2018. s.66
3. Puuinfo. Honkarakenne näyttää suuntaa terveelliselle julkiselle rakentamiselle toimittamalla 34 hirsipäiväkotia Suomeen- artikkeli. Nettisivu. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/tiedote/honkarakenne-n%C3%A4ytt%C3%A4%C3%A4-suuntaa-terveelliselle-julkiselle-rakentamiselle-toimittamalla-34>
4. Huuhka, Satu, Köliö, A., Annala, P., & Poti, A. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. (Muut tuva rakennettu ympäristö; Nro 4), (Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165). Tampere: Tampere University of Technology, 2018. s.66
5. Riuttamäki Juha-Pekka. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

s. 51 Eristys

1. Riuttamäki Juha-Pekka. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

s. 52 Pintamateriaalit

1. Riuttamäki Juha-Pekka. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

s. 54 Käyttö ja ylläpito

1. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
2. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

s. 55 Kittälän talot vaiheet

Kuvat ja tiedot:
Järvenpää seura/ Jaakko Suokas
Järvenpään taidemuseo / Irma Kittelä

s. 56 Korjaaminen

1. Airaksinen, M. ja Vainio, T. Korjausrakentamisen roadmap. Teoksessa: Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A.P., Reijula, K., Vainio, T. ja Nenonen, S. (toim.) 2011. Rakennetun ympäristön roadmap, loppuraportti 5/2011. (verkkojulkaisu PDF) Helsinki 2011 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/rakennetun_ympa_riston_roadmap.pdf.
2. Airaksinen, M. ja Vainio, T. Korjausrakentamisen roadmap. Teoksessa: Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A.P., Reijula, K., Vainio, T. ja Nenonen, S. (toim.) 2011. Rakennetun ympäristön roadmap, loppuraportti 5/2011. (verkkojulkaisu PDF) Helsinki 2011 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/rakennetun_ympa_riston_roadmap.pdf.
3. Airaksinen, M. ja Vainio, T. Korjausrakentamisen roadmap. Teoksessa: Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A.P., Reijula, K., Vainio, T. ja Nenonen, S. (toim.) 2011. Rakennetun ympäristön roadmap, loppuraportti 5/2011. (verkkojulkaisu PDF) Helsinki 2011 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/rakennetun_ympa_riston_roadmap.pdf.
4. Lindstedt, T. ja Junnonen, J.M. Energiatehokkaat ja teolliset korjausrakentamiskäytännöt Suomessa ja kansainvälisesti. (verkkoinaisto PDF) Helsinki, 2011. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2011.pdf>.
5. Airaksinen, M. ja Vainio, T. Korjausrakentamisen roadmap. Teoksessa: Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A.P., Reijula, K., Vainio, T. ja Nenonen, S. (toim.) 2011. Rakennetun ympäristön roadmap, loppuraportti 5/2011. (verkkojulkaisu PDF) Helsinki 2011 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/rakennetun_ympa_riston_roadmap.pdf.
6. Airaksinen, M. ja Vainio, T. Korjausrakentamisen roadmap. Teoksessa: Airaksinen, M., Hietanen, O., Manninen, A.P., Reijula, K., Vainio, T. ja Nenonen, S. (toim.) 2011. Rakennetun ympäristön roadmap, loppuraportti 5/2011. (verkkojulkaisu PDF) Helsinki 2011 (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/rakennetun_ympa_riston_roadmap.pdf.
7. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

s. 59 Puutalon siirtäminen

1. Hämäläinen Paula (toim.). Pihasta pihaan: Kuortaneen Länsirannan kyläkirja. Kustantaja Länsirantaa set. Kuortane, 2008 ISBN952924696X, 9789529246960 s. 384
2. Lång-Kivilinna, G. & Hautamäki, Kitinojan perinnekylä. Rakennustapaohjeisto. Koto-hanke ja Kitinojan kyläseura ry. Kitinoja, 2011. (Vierailtu 2.3.2018) Saatavilla: <http://www.pohjalaistalo.fi/content2.php?cid=72>
3. Lång-Kivilinna, G. & Hautamäki, Kitinojan perinnekylä. Rakennustapaohjeisto. Koto-hanke ja Kitinojan kyläseura ry. Kitinoja, 2011. (Vierailtu 2.3.2018) Saatavilla: <http://www.pohjalaistalo.fi/content2.php?cid=72>

s. 60 Uuskäyttö ja ylläpito

1. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
2. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
3. Päivänen Jani. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188

4. Huuhka, Satu, Köliö, A., Annala, P., & Poti, A. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. (Muut tuva rakennettu ympäristö; Nro 4), (Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165). Tampere: Tampere University of Technology, 2018. s.66
5. Huuhka, Satu, Köliö, A., Annala, P., & Poti, A. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. (Muut tuva rakennettu ympäristö; Nro 4), (Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165). Tampere: Tampere University of Technology, 2018. s.66
6. Huuhka, Satu, Köliö, A., Annala, P., & Poti, A. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. (Muut tuva rakennettu ympäristö; Nro 4), (Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165). Tampere: Tampere University of Technology, 2018. s.66

s. 62

Vanhankylän kartano

1. Vähätalo Anne. Vanhankylän kartanon historiaselvitys. Diplomityö. Aalto Yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, arkkitehtuurin laitos. Espoo, 2006.
Kuvat Vähätalo Anne

s. 63

Purkaminen

1. Kaila Panu, Elias Härö. Pohjalainen talo, rakentajan opas. Seinäjoki, 1975. s. 154
2. Mattinen Maire. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
3. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi

s. 64

Loppusijoitus

1. Härmälä, E. Puun polttamista demonisoidaan maailmalla. Tekniikka ja Talous, Energiablogi 12.9.2013. (Vierailtu: 30.04.2018) Saatavilla: <http://www.tekniikka.talous.fi/blogit/energia/puun+polttamista+demonisoidaan+maailmalla/a929729#>.
2. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
3. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>

s. 66

Kiertotalouden toteutuminen tulevaisuudessa

1. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
2. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
3. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
4. Laukkanen, M. Puurakentamisen merkittävä puute poistuu: Alalle vihdoin yhtenäinen avoin standardi 2012. Verkkosivusto. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puurakentamisen-merkittava-puutepoistuu-alalle-vihdoin-yhtenainen-avoin-standardi>
5. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015.

- (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
6. Laukkanen, M. Puurakentamisen merkittävä puute poistuu: Alalle vihdoin yhtenäinen avoin standardi 2012. Verkkosivusto. (viitattu 01.04.2018) Saatavissa: [http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puurakentamisen-merkittava-puutepoistuu-alalle-vihdoin-yhtenäinen-avoin-standardi](http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puurakentamisen-merkittava-puutepoistuu-alalle-vihdoin-yhtenainen-avoin-standardi)
7. Frondelius, R. Tutkimuksella uusia ratkaisuja rakentamiseen. Puumies-lehti(3)2013.
8. Haapio Appu. Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät- haastattelututkimus. (verkkoaineisto PDF) ISBN 978-951-38-8076-7. Espoo, 2013. s. 46
9. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi

s. 70

Yhteiskunnan ja päättäjien vastuu kiertotalouden toteutumisen edistämiseksi

1. Jyri Arponen, Anna Granskog, Mari Pantsar-Kallio, Martin Stuchey , Antti Törmänen, Helga Vant hournout. Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle- selvitys. ISBN 978-951-563-900-4 (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2014 (viitattu 31.03.2018) Saatavissa: www.sitra.fi
2. Osara Leo. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
3. Joonas Alaranta, Elli Ryynänen. Biotalouteen vaikuttavat jäte-, tuote- ja kemikaalilainsäädännön rajapinnat. (Verkkoaineisto PDF) Joensuu, 2015 (Vierailtu 11.04.2018)

s. 73

Johtopäätökset

1. Puutuoteollisuus. Puutuoteollisuuden tutkimusagenda 2025. (verkkoaineisto PDF) Helsinki, 2015. (viitattu 30.03.2018) Saatavissa: <http://puutuoteollisuus.fi/wp/wp-content/uploads/2015/12/Puutuoteollisuus-Agenda2025.pdf>
2. Mattinen Maire. (Toim. Linnanmäki Seija, Sahlberg Marja, Hakaste Harri, Järnefelt Heljä). Rakennettu kestävä. ISBN 925-13-1941-0. Helsinki, F.G. Lönnberg, 2003. s. 188
3. Ympäristöosaava, verkkosivusto
4. Loukola
5. Mattila Lars-Erik. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto Yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, arkkitehtuurin laitos. Espoo, 2014. s. 80

